

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-149115

(43)Date of publication of application : 21.05.2003

(51)Int.Cl.

G01N 11/00

G01N 11/16

(21)Application number : 2001-347216

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 13.11.2001

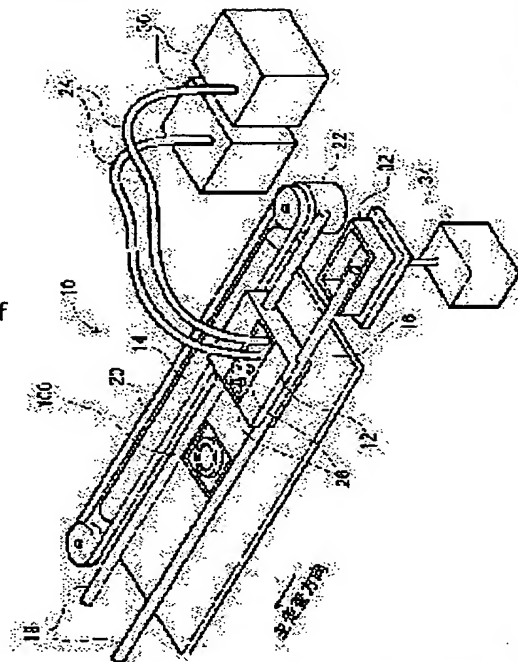
(72)Inventor : SAKAI MARI

(54) METHOD FOR MEASURING PHYSICAL PROPERTY OF LIQUID NEAR INTERFACE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To accurately measure the physical properties of a liquid near the interface.

SOLUTION: On a QCM (Quartz-Crystal Microbalance) electrode, a droplet of a sample liquid for the measurement of the physical properties is discharged and a liquid film with a predetermined film thickness is formed by this sample liquid. Then, the shift value of the QCM's resonant frequency due to the forming of this liquid film is measured. Since the resonant frequency and the viscosity coefficient of the sample liquid are related in prescribed formula, the viscosity coefficient of the sample liquid can be measured from the measured shift value. Therefore, if the droplet is discharged and the liquid film is formed, it is possible to accurately measure the physical properties of the liquid near the interface of the liquid film as the liquid film with the desired film thickness can be formed quickly.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.01.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Are the approach of measuring the physical properties of a liquid, and the drop of the sample solution object which is going to measure the (A) physical properties is breathed out on a diaphragm: A measuring method equipped with the process which forms the liquid membrane of predetermined thickness with this sample solution object, and the process which measures the physical properties of said sample solution object based on the variation of the resonance characteristic which carried out the (B) (C) aforementioned measurement with the process which measures change of the resonance characteristic of said diaphragm by said liquid membrane having been formed.

[Claim 2] Said process (C) is a measuring method which is the process which measures the coefficient of viscosity of said sample solution object based on a difference value with the resonance frequency of this diaphragm before being a measuring method according to claim 1 and forming the resonance frequency of said diaphragm in the condition that said liquid membrane was formed, and this liquid membrane.

[Claim 3] When it is a measuring method according to claim 1, and said process (A) is made to meet the process to which the head equipped with two or more nozzles which carry out the regurgitation of said drop is relatively moved to said diaphragm, and migration of said head and carries out the regurgitation of said drop from said two or more nozzles, it is a measuring method equipped with the process which forms liquid membrane on said diaphragm.

[Claim 4] Said process (B) is a measuring method which is the process at which the resonance characteristic of said diaphragm is the process which measures the process in which it changes with time amount after being a measuring method according to claim 1 and forming said liquid membrane, and said process (C) measures change of the physical properties of said sample solution object based on a time change of said measured resonance characteristic.

[Claim 5] It is a measuring method according to claim 1. Said process (A) the drop of said 1st sample solution object -- breathing out -- said diaphragm top -- this -- a breathe out drop of process [which forms the liquid membrane of predetermined thickness with the 1st sample solution object], and said 2nd sample solution object, and according to said 1st sample solution object liquid membrane top -- this -- a measuring method equipped with the process which forms liquid membrane with the 2nd sample solution object.

[Claim 6] A drop with the 1st sample solution object and a drop with the 2nd sample solution object are breathed out on a diaphragm. the approach of measuring the physical properties of a liquid -- it is -- (A) -- this -- the 1st sample solution object -- this -- with the process which forms an interface with the 2nd sample solution object on this diaphragm (B) The process at which the resonance characteristic of said diaphragm measures the process in which it changes with time amount after the interface of said 1st sample solution object and said 2nd sample solution object is formed, (C) Measuring method equipped with the process which measures change of the physical properties of the sample solution object in said interface based on the variation of said measured resonance characteristic.

[Claim 7] It is the measuring method which is the process which measures the resonance characteristic in case it is a measuring method according to claim 1 or 6 and this diaphragm vibrates in the direction where said process (B) is parallel to the interface formed between said liquid membrane and said diaphragms.

[Claim 8] It is the measuring method which is the process which measures the resonance characteristic of this Xtal diaphragm at the time of being a measuring method according to claim 7, sliding in the direction in which said process (A) is a process which forms the liquid membrane of said sample solution object on the Xtal diaphragm, and said process (B) intersects the thickness direction in a front-face [of said Xtal diaphragm], and rear-face side, and making it vibrate.

[Claim 9] Are the measuring device which measures the physical properties of a liquid, and the drop of a diaphragm and the sample solution object which is going to measure physical properties is breathed out on said diaphragm. The liquid membrane means forming which forms the liquid membrane of predetermined thickness with

this sample solution object, and a resonance characteristic measurement means to measure the resonance characteristic of said diaphragm with which said liquid membrane was formed, The measuring device equipped with a liquid physical-properties measurement means to measure the physical properties of said sample solution object, based on the variation of said measured resonance characteristic and the resonance characteristic of said diaphragm in the condition that said liquid membrane is not formed.

[Claim 10] It is the measuring device which is a means to measure resonance frequency when it is a measuring device according to claim 9, said diaphragm is the Xtal diaphragm and said resonance characteristic measurement means carries out thickness skid vibration of said Xtal diaphragm.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the technique which can measure the physical properties of the liquid near a liquid front face with a sufficient precision in detail about the technique which measures the physical properties of a liquid.

[0002]

[Description of the Prior Art] The technique which breathes out an ink droplet from a nozzle and forms an image on print media is used widely. In order to attain high definition-ization, it is important that precision improves the regurgitation to the location which aimed at the ink droplet. A fine thing is desirable and it is [the magnitude of an ink droplet must not have dispersion in magnitude, and] desirable for the regurgitation [the ink droplet of further various magnitude] to be possible.

[0003] The phenomenon in which an ink droplet carries out the regurgitation is influenced by the nozzle of the ink physical properties near [which was formed in the nozzle] an ink interface. For this reason, if the ink physical properties (for example, coefficient of viscosity, an elastic modulus, etc.) near an ink interface can be measured with a sufficient precision, it will be thought that it becomes possible to carry out the regurgitation of the ink droplet more correctly.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, it was impossible to have measured the liquid physical properties not only ink but near a gas-liquid interface with a sufficient precision. Of course, although the equipment which measures the coefficient of viscosity of a liquid and an elastic modulus is marketed, these cannot measure the physical properties inside a liquid and cannot measure the liquid physical properties in a gas-liquid interface. In the gas-liquid interface, since possibility that liquid physical properties differ from the interior of a liquid is pointed out by the effect of evaporation of a liquid component, condensation of specific components, such as a surface activity component, etc., development of a measurable technique with a sufficient precision is expected strongly the liquid physical properties near a gas-liquid interface.

[0005] This invention is made in order to solve the above-mentioned technical problem in the conventional technique, and it aims the liquid physical properties near a gas-liquid interface at offer of a measurable technique with a sufficient precision.

[0006]

[The means for solving a technical problem, and its operation and effectiveness] The next configuration was used for the 1st measuring method of the liquid physical properties of this invention in order to solve a part of above-mentioned technical problem [at least]. Namely, are the approach of measuring the physical properties of a liquid, and the drop of the sample solution object which is going to measure the (A) physical properties is breathed out

on a diaphragm. Let it be a summary to have the process which forms the liquid membrane of predetermined thickness with this sample solution object, and the process which measures the physical properties of said sample solution object based on the variation of the resonance characteristic which carried out the (B) (C) aforementioned measurement with the process which measures change of the resonance characteristic of said diaphragm by said liquid membrane having been formed.

[0007] Moreover, the 1st measuring device of the liquid physical properties of this invention corresponding to the above-mentioned measuring method Are the measuring device which measures the physical properties of a liquid, and the drop of a diaphragm and the sample solution object which is going to measure physical properties is breathed out on said diaphragm. The liquid membrane means forming which forms the liquid membrane of predetermined thickness with this sample solution object, and a resonance characteristic measurement means to measure the resonance characteristic of said diaphragm with which said liquid membrane was formed, Let it be a summary to have a liquid physical-properties measurement means to measure the physical properties of said sample solution object, based on the variation of said measured resonance characteristic and the resonance characteristic of said diaphragm in the condition that said liquid membrane is not formed.

[0008] In the 1st measuring method and 1st measuring device of these liquid physical properties, change of the resonance characteristic of this diaphragm by having formed the liquid membrane of predetermined thickness on the diaphragm, and having formed this liquid membrane is measured by carrying out the regurgitation of the drop of a sample solution object. The variation of the resonance characteristic of a diaphragm is influenced of the physical properties of the sample solution object in near the front face of this diaphragm. Therefore, if change of the resonance characteristic when forming the liquid membrane of predetermined thickness is measured, the liquid physical properties (for example, coefficient of viscosity, the dynamic elastic modulus of a liquid, etc.) in the location near the interface which only predetermined distance separated from the gas-liquid interface of liquid membrane can be measured with a sufficient precision.

[0009] In addition, in the 1st measuring method or 1st measuring device of such liquid physical properties, it is changing the thickness of the liquid membrane to form, and it cannot be overemphasized that it is measurable in the liquid physical properties in the location where only a desired distance was far apart from the gas-liquid interface.

[0010] In the 1st measuring method of these liquid physical properties, it is good also as measuring the coefficient of viscosity of said sample solution object based on the difference value of the resonance frequency of said diaphragm in the condition that said liquid membrane was formed, and the resonance frequency of this diaphragm before this liquid membrane is formed.

[0011] Although later mentioned in a detail, if the variation of the resonance frequency of a diaphragm can be found, since the coefficient of viscosity of a liquid is computable with an easy formula, it becomes [to compute the coefficient of viscosity of the liquid near the interface simple] possible and is desirable.

[0012] It is good also as facing breathing out a sample solution object and forming liquid membrane, moving relatively the head equipped with two or more nozzles which carry out the regurgitation of this drop to a diaphragm, breathing out said drop from these two or more nozzles to compensate for migration of this head, and forming liquid membrane.

[0013] If the regurgitation of the drop is carried out from two or more nozzles, moving a head relatively to a diaphragm, the liquid membrane of uniform thickness can be quickly formed on a diaphragm. In this way, if the liquid membrane of uniform thickness can be formed quickly, since it becomes possible from from to measure the liquid physical properties near the interface immediately after forming an interface, it is desirable.

[0014] Moreover, in the 1st measuring method of the liquid physical properties mentioned above, after said liquid membrane is formed, it is good also as the resonance characteristic of said diaphragm measuring the process in which it changes with time amount, and measuring change of the physical properties of said sample solution object from a time change of this resonance characteristic.

[0015] When the matter which is usually considered that volatilization or evaporation of the component of a sample solution object has occurred, and has a surface activity operation in a sample liquid is contained, it is known for the gas-liquid interface of liquid membrane that such matter will condense near an interface. It is thought that such a phenomenon advances inside liquid membrane gradually with the passage of time although generated near the interface immediately after forming liquid membrane. Therefore, if the resonance characteristic of a diaphragm measures the process in which it changes with time amount after forming liquid membrane, the effect of a gas-liquid interface will become possible [observing signs that the interior of a liquid is permeated]. If the behavior of the ink interface formed in a nozzle is correctly controllable by especially the printer that breathes out an ink droplet and prints an image, since it is thought that image quality can be raised

greatly, such fundamental information in connection with the behavior of the ink in a nozzle interface turns into very significant information on the occasion of development of a printer or selection of suitable ink.

[0016] Moreover, in the 1st measuring method of the liquid physical properties mentioned above, after breathing out the drop of the 1st sample solution object and forming the liquid membrane of predetermined thickness with the 1st sample solution object on a diaphragm, it is good also as breathing out the drop of the 2nd sample solution object and forming liquid membrane with the 2nd sample solution object.

[0017] If it carries out like this, according to the thickness of liquid membrane with the 1st sample solution object, the 1st sample solution object and the 2nd sample solution object will become possible [measuring the effect by change of the liquid physical properties by doing an interaction by the mutual interface, or this interaction to the location where only predetermined distance was far apart from the interface etc.]. Especially, in an ink jet printer, the regurgitation of the ink droplet from which a class differs may have to be further carried out from on the ink droplet which breathed out the ink droplet in two or more kinds of ink, was printing the image and was breathed out. Furthermore, in order to improve coloring of ink, fixable [to print media], and weatherability, the regurgitation of the ink droplet may be carried out from from [after breathing out a special drug solution]. In such a case, the interaction is working in the interface part with mutual liquids, such as ink breathed out previously or drug solution, and ink breathed out later. When such an interaction was observable, on the occasion of development and amelioration of ink or a drug solution, it became very significant information, but since it was the phenomenon which produces such a phenomenon locally and moreover progresses quickly on the other hand, it was difficult to observe the interaction in an interface. If the approach mentioned above is used, it is possible to measure the liquid physical properties near the interface, and measurement can be started immediately after forming liquid membrane on a diaphragm moreover. Therefore, it becomes [such a different sample solution object] possible [measuring change of the liquid physical properties by interacting mutually by the interface simple] and is suitable.

[0018] The next configuration was used for the 2nd measuring method of the liquid physical properties of this invention in order to solve a part of technical problem [at least] mentioned above. A drop with the 1st sample solution object and a drop with the 2nd sample solution object are breathed out on a diaphragm. namely, the approach of measuring the physical properties of a liquid — it is — (A) — this — the 1st sample solution object — this — with the process which forms an interface with the 2nd sample solution object on this diaphragm (B) The process at which the resonance characteristic of said diaphragm measures the process in which it changes with time amount after the interface of said 1st sample solution object and said 2nd sample solution object is formed, (C) Let it be a summary to have the process which measures change of the physical properties of the sample solution object in said interface based on the variation of said measured resonance characteristic.

[0019] In the 2nd measuring method of such liquid physical properties, a drop with the 1st sample solution object and a drop with the 2nd sample solution object are breathed out, and the interface of these sample solution object is formed on a diaphragm. Subsequently, the resonance characteristic of this diaphragm measures the process in which it changes with time amount, and physical-properties change of these sample solution object in this interface is measured based on the obtained variation.

[0020] In this way, in near an interface, if the interface of a different sample solution object is formed on a diaphragm, when a sample solution object does an interaction, signs that liquid physical properties change are observable. Especially the ink breathed out by the location which approached in order to breathe out the ink droplet in two or more kinds of ink and to print an image in an ink jet printer has done a certain interaction mutually near the interface, and they are considered that this has affected the so-called affinity of ink. Although it became very significant information on the occasion of development of new ink and selection of ink when the information about such an interaction could be measured, it was difficult to observe such a local phenomenon. If the approach mentioned above is used, since a different sample solution object can measure change of the liquid physical properties by interacting mutually by the interface simple, it is desirable.

[0021] In such 1st or 2nd measuring method, it is good also as measuring the following properties as the resonance characteristic of said diaphragm. That is, when liquid membrane is formed on this diaphragm, it is good for a direction parallel to the interface formed between this liquid membrane and this diaphragm also as measuring the resonance characteristic in case this diaphragm vibrates.

[0022] Various oscillatory-type voice, such as a gestalt which vibrates in the direction in which the oscillatory-type voice of a diaphragm intersects the interface of liquid membrane and a diaphragm, and a gestalt to which the front face of a diaphragm vibrates in the direction parallel to this interface, exists. Among these, if the front face of a diaphragm is vibrated with the gestalt which vibrates in the direction parallel to an interface, since the effect of viscous of a liquid can be effectively done to a diaphragm and the detection sensitivity of liquid physical

properties can be raised as the result, it is desirable.

[0023] In such 1st or 2nd measuring method, it is good also as measuring the resonance characteristic of this Xtal diaphragm when sliding in the thickness direction and the crossing direction and vibrating a front-face [of this Xtal diaphragm], and rear-face side, using the Xtal diaphragm as said diaphragm.

[0024] Although the diaphragm which has the electrostrictive effect and the piezo-electric effect made from the ceramics is also suitably applicable as a diaphragm, since the Xtal diaphragm becomes it is accurate and measurable about liquid physical properties, it is desirable by knowing vibrating to stability very much and using this diaphragm. In addition, although the various diaphragms with which the resonance characteristics differ can be obtained with the include angle which cuts down a crystal to the growth shaft of Xtal as such a Xtal diaphragm, carrying out thickness skid vibration is extremely known by stability, and the Xtal diaphragm cut down at an angle of predetermined [which is called the so-called AT cut] can be especially used suitably as a diaphragm.

[0025]

[Embodiment of the Invention] In order to explain an operation and effectiveness of this invention more clearly, the example of this invention is explained according to the following sequence.

A. equipment configuration: -- A-1. hardware configuration: -- outline [of the A-2. sensor section (QCM)]: --

A-3. gaging-system: -- measuring method [of B. liquid physical properties]: -- C. modification: [0026] A.

equipment configuration: -- A-1. hardware configuration: -- drawing 1 is the explanatory view having shown the hardware configuration of the liquid physical-properties measuring device of this example. The liquid physical-properties measuring device 10 of this example has roughly composition incorporating the sensor called QCM(Quartz-Crystal Microbalance) 100 to the so-called ink jet printer as illustrated. In QCM, in case a metal membrane is made to vapor-deposit by chemical vacuum deposition or the physical vapor deposition, in order to measure the thickness of a metal membrane, it is the thickness sensor currently used widely. About QCM100, it mentions later.

[0027] An ink jet printer is a printer which forms an ink dot on a print sheet and prints an image by carrying out the regurgitation of the detailed ink droplet, making carriage 12 reciprocate on a print sheet. Hereafter, signs that an ink jet printer prints an image are explained briefly, referring to drawing 1 . The discharge head for carrying out the regurgitation of the ink droplet is built in carriage 12. In printing an image, the top-face side of carriage 12 is equipped with an ink cartridge, and it usually supplies ink to a discharge head. A print sheet is conveyed with the paper feed roller 14 in the predetermined location of the carriage 12 bottom. Carriage 12 makes an ink droplet breathe out from a discharge head, if a print sheet is set to a predetermined location, reciprocating a print sheet top. Carriage 12 is led to two guide rails 18 so that it may illustrate, and it is driven by the carriage motor 22 through a driving belt 20. Thus, the actuation which makes carriage 12 reciprocate is called horizontal scanning. It is made to synchronize with horizontal scanning of carriage 12, the paper feed roller 14 is driven, and a print sheet is moved little by little in a main scanning direction and the direction of a right angle. Thus, the actuation for which a discharge head and a print sheet are relatively moved in the direction which intersects a main scanning direction is called vertical scanning. In this way, an ink dot is formed on a print sheet by carrying out vertical scanning of the print sheet, carrying out horizontal scanning of the carriage 12, and carrying out the regurgitation of the ink droplet to suitable timing in accordance with this, and the ink jet printer is printing the image by this.

[0028] In the liquid physical-properties measuring device 10 of this example, the regurgitation of the drop of the sample solution object which is going to measure physical properties is carried out instead of an ink droplet. Corresponding to this, the ink cartridge is removed and a sample solution object is supplied to a discharge head instead of ink. The sample solution object is contained by the container 30 and supplied to a discharge head through a tube 24 from the ink feed hopper 26 prepared in carriage 12.

[0029] Moreover, in the liquid physical-properties measuring device 10 of this example, some platen plates 16 are removed and it is equipped with QCM100 so that it may illustrate. When carriage 12 carries out horizontal scanning of QCM100, a location where the discharge head built in carriage 12 passes through the upper part of QCM100 is equipped with it. About QCM100, it mentions later. Moreover, to an ink jet printer, in order to prevent the blinding of a nozzle, when not carrying out the regurgitation of the ink droplet, the wrap cap 32 and the suction pump 34 for sucking ink out of a discharge head are formed, and a discharge head is later mentioned also about these.

[0030] Drawing 2 is the explanatory view having shown signs that carriage 12 was seen from the inferior-surface-of-tongue 16, i.e., platen plate, side of carriage 12. The nozzle train of a discharge head is prepared in the inferior surface of tongue of carriage 12 two or more sets. In this example, the color ink jet printer which breathes out the ink of a cyanogen color, a Magenta color, the Hierro color, and four black colors, and prints a color picture is used,

and corresponding to this, in addition to the nozzle train CA for cyanogen ink, the nozzle train MA for Magenta ink, the nozzle train YA for Hierro ink, and the nozzle train of a total of four classification by color of the nozzle train KA for black ink are prepared in the inferior surface of tongue of carriage 12 so that it may illustrate. When a sample solution object is supplied to a discharge head, from the nozzle train prepared in the inferior surface of tongue of carriage 12, the drops of a sample solution object will be breathed out all at once instead of an ink droplet.

[0031] It is possible to control the magnitude of the drop which carries out the regurgitation by the ink jet printer of this example, in order to form the liquid membrane of a sample solution object with a quickly and sufficient precision on QCM100. The mechanism which controls hereafter the magnitude of the drop which carries out the regurgitation is explained referring to drawing 3. Drawing 3 (a) is the nozzle Nz which carries out the regurgitation of the drop prepared in the discharge head. It is the sectional view having shown structure notionally. Liquid ***** 62 which accumulates the liquid which carries out the regurgitation in each nozzle so that it may illustrate, liquid ***** 62, and nozzle Nz. The reservoir 64 for supplying the path 60 to connect and the liquid which carries out the regurgitation to liquid ***** 62 etc. is formed. Moreover, piezo-electric element PE is prepared on liquid ***** 62. The sample solution object supplied to the discharge head through the tube 24 from the container 30 is led to liquid ***** 62 through a reservoir 64. Piezo-electric element PE is a component which the crystal structure is distorted and changes electric-mechanical energy into a high speed extremely, when an electrical potential difference is impressed as everyone knows. The side attachment wall of liquid ***** 62 is made to deform at this example by impressing the electrical potential difference of a predetermined wave to inter-electrode [which was prepared in the both ends of piezo-electric element PE]. Then, the volume of liquid ***** 62 decreases, the sample solution object equivalent to the decrement of the volume serves as Drop Ip, and it is breathed out from Nozzle Nz. This drop Ip will form liquid membrane on QCM100.

[0032] Drawing 3 (b) is controlling the voltage waveform impressed to piezo-electric element PE, and is the explanatory view having shown the principle which changes the magnitude of the drop which carries out the regurgitation. nozzle Nz from — in order to carry out the regurgitation of the drop Ip, a negative electrical potential difference is impressed to piezo-electric element PE, a sample solution object is once inhaled in liquid ***** 62 from a reservoir 64, a forward electrical potential difference is impressed to piezo-electric element PE, the volume of liquid ***** is decreased, and Drop Ip is made to breathe out after that. Since aisle resistance is between a reservoir 64 and liquid ***** 62, the inflow of the liquid from a reservoir 64 stops here, the sample solution object equivalent to the variation of the volume of liquid ***** flowing, if the suction rate of a sample solution object is proper, but meeting the deadline, if a suction rate is too quick. Consequently, the sample solution object of a path 60 flows backwards to liquid ***** , and the interface of the liquid near a nozzle will be in the condition of having retreated greatly. The voltage waveform b which the voltage waveform a shown in drawing 3 (b) as the continuous line showed the wave which attracts a sample solution object at a proper rate, and was shown with the broken line shows a wave-like example attracted at a bigger rate than a proper rate.

[0033] Where sample solution object sufficient in liquid ***** 62 is supplied, if a forward electrical potential difference is impressed to piezo-electric element PE, the drop Ip of the volume equivalent to volume reduction of liquid ***** 62 will be breathed out from Nozzle Nz. On the other hand, if a forward electrical potential difference is impressed after the amount of supply of a sample solution object was insufficient and the liquid interface has retreated greatly, the drop breathed out will turn into a small drop. Thus, it is possible to control the magnitude of the ink droplet which carries out the regurgitation by controlling the negative voltage waveform impressed before the regurgitation of a drop by this example, and changing the suction rate of a sample solution object.

[0034] A-2. The outline of the sensor section (QCM) : drawing 4 is the explanatory view showing the outline of QCM100. Drawing 4 (a) shows the appearance configuration of QCM100, and drawing 4 (b) shows the fundamental structure of QCM100 notionally. Moreover, drawing 4 (c) shows the equivalent electrical circuit of QCM100. QCM100 has the structure where the sheet metal 104 which cut down and created the crystal of Xtal was dedicated in the electrode holder 102. It is possible for the sheet metal 104 of Xtal to be cut down at an angle of predetermined to the crystal growth shaft, and for the respectively thin electrode 106 to be formed in the front-face and rear-face side, and to impress an electrical potential difference to the sheet metal 104 of Xtal from the exterior.

[0035] If electric polarization will arise, electromotive force will occur inside, if a quartz plate generally applies the force from the exterior and it is made to deform (piezo-electric operation), and an electrical potential difference is applied from the exterior and a charge is supplied, it is known that there is a property (electrostriction operation) in which a quartz plate deforms. Such a property of a quartz plate to produce electromotive force in

connection with deformation is resistance R1, as electrically shown in drawing 4 (c). Capacitor C1 And C2 Coil L1 It is known that it is equivalent to the electrical circuit constituted. The quartz plate has electric natural frequency, and if the electrode 106 prepared in the both sides of the sheet metal 104 of Xtal is connected to a power source, a circuit will start an oscillation with natural frequency and will vibrate on the frequency as an oscillation frequency also with the same sheet metal 104 of Xtal, so that clearly from the equal circuit shown in drawing 4 (c). The frequency to oscillate is mainly decided by the include angle which cut down sheet metal to the crystal growth shaft, and thickness of sheet metal, and the oscillatory-type voice of a quartz plate is determined by the include angle which cut down sheet metal. In QCM, the quartz plate usually cut down at an angle of predetermined [which is called an AT cut] is used, and the oscillatory-type voice of the quartz plate by which the AT cut was carried out turns into a gestalt in which thickness skid vibration, i.e., the front face and rear face of sheet metal, vibrates so that it may shift in the thickness direction and the direction of a right angle of a quartz plate mutually.

[0036] Next, the principle which measures the physical properties of a liquid using QCM100 is explained. Drawing 5 is the explanatory view which expanded the situation on the front face of a quartz plate when vibrating a quartz plate, and was notionally shown in the liquid. Here, the AT cut of the quartz plate is carried out, and it is made into the so-called thing which is carrying out thickness skid vibration. If a quartz plate carries out thickness skid vibration in a liquid, as the liquid of the part which has touched on the surface of the quartz plate is dragged according to a viscous operation, it will vibrate with the front face of a quartz plate. The arrow head which the arrow head of void shown all over drawing expressed typically signs that the sheet metal 104 of Xtal was vibrating, and was shown as the thick continuous line shows notionally signs that the liquid is vibrating in the direction parallel to a front face. In the part which touched the sheet metal 104 of Xtal, a liquid vibrates with the same amplitude as a quartz plate so that it may illustrate, but if it separates from a front face, the amplitude will become small rapidly and the liquid will not vibrate any longer in predetermined distance ***** and time from a front face. For example, although it vibrates in a near a front face in the example shown in drawing 4 at the almost same amplitude as the Xtal front face, in b points which left a few, the amplitude becomes small suddenly, and it is hardly vibrating in c points which only predetermined distance separated from the front face.

[0037] Thus, when a quartz plate is vibrated in a liquid, the liquid of the predetermined range will also vibrate from a front face to coincidence with a quartz plate. In this way, as a result of a quartz plate's vibrating dragging the liquid which is in the predetermined range from a front face, the resonant frequency (namely, oscillation frequency of a circuit) of a quartz plate serves as a different value from the resonant frequency when vibrating in air, or an oscillation frequency. More liquids will be dragged and the shift amount of a resonant frequency also becomes large, so that the shift amount of this resonant frequency (oscillation frequency) is based on a viscous operation of a liquid and the viscosity of a liquid becomes high. That is, the resonant frequency (oscillation frequency) of the quartz plate in the inside of a liquid is measured, and if the shift amount from the own resonant frequency of a quartz plate is calculated, it will become possible to measure the viscosity of a liquid.

[0038] According to the detailed experiment, between shift-amount ΔF of an oscillation frequency when oscillating a quartz plate in a liquid, and the viscosity η of a liquid, it turns out that relation like a degree type is realized.

$$\Delta F = k \sqrt{F - \rho - \eta} \quad \text{--- (1)}$$

Here, k is a proportionality constant, F is the own resonant frequency of a quartz plate, and ρ is the consistency of a liquid. Each value of ρ can also measure the value of F beforehand. Therefore, if the oscillation frequency of the quartz plate in the inside of a liquid is measured and the shift amount of a frequency is calculated, it will become possible from (1) type to compute the coefficient of viscosity of a liquid.

[0039] A-3. Gaging system : drawing 6 is the block diagram showing the outline of the gaging system constituted using the liquid physical-properties measuring device 10 of this example. The system which measures liquid physical properties consists of a controller 50 which controls QCM100, the carriage 12 which built in the discharge head which carries out the regurgitation of the drop, the carriage motor 22 to which horizontal scanning of the carriage 12 is carried out, a discharge head or the carriage motor 22, etc., a measuring instrument 150 which measures the oscillation frequency of QCM100. The sample solution object contained by the container 30 is supplied to the discharge head in carriage 12 through a tube 24.

[0040] A controller 50 is the computer of the common knowledge constituted by connecting CPU, RAM, ROM, etc. mutually by bus. Moreover, the drive circuit of dedication, such as the horizontal-scanning mechanical component 52, and the head mechanical component 54, the pump mechanical component 56, is also carried in the controller 50. The program for driving a discharge head and forming a drop on QCM100 is stored in ROM of a controller 50, carrying out horizontal scanning of the carriage 12. If CPU of a controller 50 reads and performs the program of

the dedication stored in ROM, the horizontal-scanning mechanical component 52 and the head mechanical component 54 will drive the carriage motor 22 and a discharge head appropriately, respectively, the drop of a sample solution object will be breathed out, and a drop will be formed in the predetermined location on QCM100. As mentioned above, the sheet metal 104 of Xtal is contained by QCM100, and if liquid membrane is formed on sheet metal 104, the oscillation frequency of a quartz plate will shift. A measuring instrument 150 detects this shift amount. In addition, about the pump mechanical component 56, it mentions later.

[0041] The measuring instrument equipped with the frequency-assignment section 152, the oscillating electrical-potential-difference generating section 154, the current detecting element 156, the armature-voltage control section 158, and the Records Department 160 is being used for a measuring instrument 150 as the oscillation frequency of QCM100 is shown in drawing 6 here, although you may be what kind of measuring instrument as long as it is measurable with a sufficient precision. A measuring instrument 150 measures the oscillation frequency of QCM100 as follows.

[0042] First, the oscillating electrical potential difference of the frequency which specified the frequency which it is going to measure in the frequency-assignment section 152, and was specified in the oscillating electrical-potential-difference generating section 154 is generated. The generated oscillating electrical potential difference is impressed to two electrodes of QCM100, and forms one AC circuit with QCM100 and a measuring instrument 150. Therefore, in a circuit, alternating current will flow according to the electrical potential difference generated in the oscillating electrical-potential-difference generating section 154. The alternating current which flows a circuit is detected by the current detecting element 156, and the armature-voltage control section 158 controls the electrical-potential-difference amplitude value of the oscillating electrical-potential-difference generating section 154 so that the actual value of alternating current always turns into a predetermined value. In this way, it is controlled by the circuit as the alternating current of predetermined actual value is always flowing. Thus, in the condition of being controlled so that the actual value of alternating current turns into a predetermined value, the frequency-assignment section 152 changes into high frequency the frequency of the oscillating electrical potential difference impressed to the electrode of QCM100 little by little from low frequency. Since the impedance of a circuit will decrease suddenly if an assignment frequency approaches the resonance frequency of QCM100, the armature-voltage control section 158 controls the oscillating electrical-potential-difference generating section 154 so that the amplitude of the oscillating electrical potential difference to impress becomes small. At the Records Department 160, the amount of armature-voltage control in an assignment frequency and its frequency is received and recorded from the frequency-assignment section 152 and the armature-voltage control section 158. In this way, if it asks for the frequency to which the oscillating electrical potential difference is the smallest, it can ask for the oscillation frequency of QCM100.

[0043] In addition, it may not be based on the method mentioned above, but the oscillation frequency of QCM100 may be measured as follows using the Fourier transform. If drawing 6 is diverted and it explains briefly, first, the synthetic voltage waveform for measurement will be generated in the oscillating electrical-potential-difference generating section, and it will be impressed by the electrode of QCM100. The oscillating voltage waveform of the frequency component of the range which it is going to measure is contained in the synthetic voltage waveform. Subsequently, the oscillating current which flows a circuit is detected by the current detecting element 156. If the ratio of each frequency component is computed by carrying out the Fourier transform of the oscillating voltage waveform impressed to the electrode of QCM100, and the measured oscillating-current wave and it asks for the biggest frequency of a current value from an electrical-potential-difference value, the oscillation frequency of QCM100 can be known.

[0044] By the approach using such the Fourier transform, since it is not necessary to measure, changing the frequency of an oscillating electrical potential difference little by little, there is an advantage that it can measure quickly in a short time. On the other hand, according to the approach of measuring a current value, it can measure with a sufficient precision, changing the frequency of an oscillating electrical potential difference slowly, as mentioned above. Therefore, in order to measure strength, sharpness of resonance (the so-called Q value of a quartz resonator), etc. of resonance with a sufficient precision, a result with more desirable measuring, changing a frequency is obtained in many cases.

[0045] Moreover, it can also measure also by the approach of measuring the amplitude of the alternating current which flows a circuit, impressing the oscillating electrical potential difference of a fixed electrical potential difference other than the approach of detecting the electrical-potential-difference value impressed to an electrode while controlling like [even when measuring changing the frequency of an oscillating electrical potential difference] the approach mentioned above so that the actual value of alternating current becomes fixed. When this approach is used, structure of a measuring instrument can be made simple. On the other hand, when

measuring on the conditions that the actual value of alternating current is certain, there is an advantage that there is no possibility that an excessive current may flow in a circuit and QCM may be damaged.

[0046] B. The measuring method of liquid physical properties : drawing 7 is a flow chart which shows the procedure which measures the physical properties of a sample solution object using the liquid physical-properties measuring device 10 of this example. Below, the measurement procedure of liquid physical properties is explained according to this flow chart.

[0047] Initiation of measurement fills up the discharge head in carriage 12 with a sample solution object first (step S10). As shown in drawing 1 , the sample solution object is contained by the container 30 and the ink feed hopper 26 and container 30 of carriage 12 are beforehand connected through the tube 24. A sample solution object is filled up with this example into a discharge head using the suction pump 34 carried in the ink jet printer. That is, as explained using drawing 1 , in order to prevent the blinding of a nozzle, the device for attracting ink is prepared in the printer used by this example from the nozzle, and it is filled up with a sample solution object in a discharge head from a container 30 using this device. the location (home position) where carriage 12 has specifically shunted when a printer does not print — the cap 32 is formed (refer to drawing 1), carriage 12 is made to shunt at a home position caudad, cap 32 is raised, and cap 32 is pushed against the inferior surface of tongue of carriage 12. If it carries out like this, the nozzle of a discharge head will be sealed with cap 32. Subsequently, if a suction pump 34 is operated and the inside of cap 32 is made into negative pressure, a sample solution object will be attracted in a discharge head from a container 30. The air which was in the discharge head is altogether driven out, in case a sample solution object is attracted, and after sample solution object restoration, air bubbles do not remain in a discharge head. The pump mechanical component 56 shown in drawing 6 is controlling actuation of cap 32 or a suction pump 34 by the bottom of control of CPU according to the program stored in ROM of built-in for a controller 50.

[0048] The container 30 is formed in a location where the oil level of the contained sample solution object becomes the almost same height as the nozzle location of a discharge head. In this way, since a liquid will once be held in a head according to an operation of the surface tension of a liquid if filled up with a sample solution object in a discharge head if it sets, the filled liquid does not flow out of a nozzle, or does not flow backwards in a container 30 conversely. Moreover, it is desirable to form a container 30 so that the oil level of a sample solution object may serve as a location lower slightly (for example, about 20mm) than the nozzle location of a discharge head more preferably. In this way, even when setting and the filled sample solution object is not able to be held with surface tension even if, since it only returns to a container 30, without a sample solution object flowing out of a nozzle, it is desirable.

[0049] In this way, if filled up with a sample solution object in a discharge head, the liquid membrane of given thickness will be formed on QCM100 by carrying out the regurgitation of the drop of a sample solution object from a nozzle, carrying out horizontal scanning of the carriage 12 (step S20). This is explained referring to drawing 8 . Drawing 8 is the explanatory view having shown notionally signs that breathed out the drop of a sample solution object and liquid membrane was formed on the electrode 106 of QCM100. The small round head which attached and showed hatching all over drawing shows the drop which adhered on the electrode 106. A drop is made to adhere to homogeneity to the predetermined measurement field which an ink jet printer can carry out the regurgitation of the ink droplet to each pixel which constitutes the image correctly, and was set up on the electrode 106 of QCM100 by this example using this function. In this way, the drop which adhered on the electrode 106 will be mutually combined with surface tension, consequently the liquid membrane of uniform thickness with a sample solution object will be formed on an electrode 106.

[0050] If the area of the measurement field which carries out the regurgitation of the drop was decided, the thickness of liquid membrane will be decided by the volume of the breathed-out sample solution object. From this, the thickness of liquid membrane is correctly manageable with the volume of the sample solution object breathed out from the nozzle. For example, if horizontal scanning of the carriage 12 is repeatedly carried out for a measurement field top and it carries out the regurgitation of the drop in carrying out the regurgitation of the drop of fixed magnitude, thick liquid membrane can be formed. Moreover, the liquid membrane of desired thickness can be formed by changing the magnitude of a drop for the magnitude of the drop which carries out the regurgitation like this example, in being controllable. Of course, the consistency which carries out the regurgitation of the drop may be changed, and it can also use further, combining these suitably. In addition, although [the thickness of liquid membrane] managed with the volume of the breathed-out liquid, it is available [this example / measuring liquid membrane] for it also as managing the thickness of liquid membrane separately using the sensor which measures liquid membrane using not only this but optical technique, or electromagnetic technique.

[0051] Signs that drawing 8 (a) breathed out the small drop and thin liquid membrane was formed are shown

notionally, and drawing 8 (b) shows notionally signs that breathed out the big drop and thick liquid membrane was formed. In this way, since it is not necessary to carry out horizontal scanning of the carriage 12 for a controlling-by controlling magnitude of drop-thickness of liquid membrane, then measurement field top repeatedly, and to carry out the regurgitation of the drop, it becomes possible to form the liquid membrane of exact thickness quickly.

[0052] Moreover, the drop from which magnitude differs may be made intermingled and you may breathe out. For example, even when only two kinds of drops from which magnitude differs can carry out the regurgitation, the thickness of the liquid membrane to form can be freely changed by carrying out the regurgitation of a big drop and the small drop at a suitable rate.

[0053] According to the program stored in the controller 50, CPU performs predetermined processing and the control signal for making a drop breathe out is outputted to the head mechanical component 54 and the horizontal-scanning mechanical component 52. Or the suitable data which are equivalent to image data from the exterior to a controller 50 may be supplied. At an ink jet printer, a predetermined image processing is performed to image data, and since it has changed into the control signal for carrying out the regurgitation of the ink droplet of suitable magnitude to a suitable location, the regurgitation of the ink droplet of the suitable magnitude for the measurement field of QCM100 can be carried out to the controller 50 of an ink jet printer at a suitable rate by supplying suitable image data in false.

[0054] In this way, if the liquid membrane of desired thickness is formed on the electrode 106 of QCM100 (step S20 of drawing 7), measurement of the oscillation frequency of QCM100 will be started (step S30). The oscillation frequency of QCM100 is performed by measuring the electrical-potential-difference value for making regularity actual value of the alternating current which flows a circuit, or alternating current, carrying out the sweep of the frequency of the oscillating electrical potential difference to impress, as mentioned above using drawing 6. In this way, the time series data of the oscillation frequency of QCM100 are acquired, carrying out the sweep of the frequency repeatedly. In addition, of course, the time series data of the oscillation frequency of QCM100 may be acquired by impressing the synthetic oscillating electrical potential difference containing a predetermined frequency component, and carrying out the Fourier transform of the data of an oscillating-current wave which this produced in the circuit.

[0055] If the time series data of the oscillation frequency of QCM100 are obtained as mentioned above, according to (1) type mentioned above, the time series data of the coefficient of viscosity of a sample solution object will be computed. (1) Measure beforehand F in a formula (natural frequency of QCM), and ρ (consistency of a liquid).

Drawing 10 is the explanatory view having shown notionally an example of the time series data of the coefficient of viscosity obtained in this way. As notionally shown in drawing 10 immediately after forming liquid membrane on the electrode 106 of QCM100, although coefficient of viscosity shows an almost fixed value, the inclination which coefficient of viscosity increases gradually soon is shown. The place which this data means is explained referring to drawing 10.

[0056] Drawing 10 shows notionally signs that liquid membrane is formed on the electrode 106 of QCM. If an electrical potential difference is impressed to QCM100, an electrode 106 will vibrate with the sheet metal 104 of Xtal, and as the liquid which is in the predetermined range from the front face of an electrode is also dragged, it vibrates with an electrode. In this way, the range of the range which vibrates with an electrode according to a viscous operation is 1 micrometer or less from a front face, and it is about 0.5 micrometers with the usual liquid. Therefore, the coefficient of viscosity measured by the approach mentioned above will have measured the coefficient of viscosity of the liquid in the range (measuring range) from the front face of an electrode 106 to 0.5 micrometers. On the other hand, the range of the thickness of the liquid membrane which breathes out a drop and is formed on an electrode 106 is usually about 1 to about 100 micrometers. From this, liquid membrane will usually have measured not the liquid physical properties in the interface (gas-liquid interface) which is in contact with the gas but the physical properties inside a liquid immediately after forming liquid membrane on the electrode 106 of QCM.

[0057] However, when liquid membrane is formed, from immediately after [the], to the interface of vapor-liquid, the specific molecules (for example, hydrocarbon system compound of straight chains, such as a glycerol, etc.) which have a surface activity operation begin to condense, the volatile component in a liquid volatilizes to it, or evaporation of moisture takes place to it, and it comes to have different physical properties from the interior of a liquid in it. The phenomenon in such a gas-liquid interface comes to affect the interior of a liquid gradually as time amount passes, after liquid membrane is formed. When the effect of such a gas-liquid interface arrives at the measuring range of QCM100, effect will appear in the coefficient of viscosity measured by QCM100, and the measurement data from which coefficient of viscosity changes with time amount will be obtained. From the

example of measurement shown in drawing 9 , signs that the coefficient of viscosity of a liquid is increasing are observable as the effect from an interface reaches measuring range.

[0058] Signs that time amount follows on passing and the effect of an interface reaches the interior of liquid membrane are typically expressed with drawing 10 using the broken line and the alternate long and short dash line. That is, after forming liquid membrane, if predetermined time progress is carried out, the effect of an interface will reach to the field shown with the broken line, and if time amount passes further, the effect of an interface will reach to the field shown by 1 point lead line. If the effect of an interface reaches to the field of a broken line, since effect begins to appear also in the measured value of QCM100, the arrow head A in drawing 9 can be considered to be data measured in such the condition. Similarly, the arrow head B in drawing 9 can be considered to be data measured after the effect of an interface had attained to drawing 10 to the field shown with the alternate long and short dash line. Thus, by reflecting the structure of the depth direction of the liquid membrane formed near the interface under the effect of an interface with a gas, and analyzing these data, the data shown in drawing 9 can know the physical properties of the liquid in a gas-liquid interface, and become possible [acquiring the information about the physical-properties-structure of liquid membrane of changing in the depth direction by the gas-liquid interface] further.

[0059] Moreover, as mentioned above, the thickness of liquid membrane is freely controllable by the liquid physical-properties measuring device 10 of this example by controlling the discharge quantity of a sample solution object. Therefore, if coefficient of viscosity measures signs that it changes with time amount, changing liquid membrane thickness, it is also possible to acquire the information about the liquid physical properties inside an interface when arbitration time amount passes after liquid membrane formation.

[0060] C. Modification : in the example mentioned above, the drop with one kind of sample solution object was breathed out, and liquid membrane was formed with one kind of sample solution object. An ink jet printer is usually good also in the liquid physical-properties measuring device 10 which the regurgitation of has become possible and mentioned above two or more kinds of ink also as carrying out the regurgitation of two or more kinds of drops to coincidence, in order to print a color picture. Below, the modification of such a liquid physical-properties measuring device 10 is explained.

[0061] Drawing 11 shows notionally signs that the liquid membrane with which two kinds of sample solution objects were combined alternately was formed using two kinds of sample solution objects, liquid A and liquid B. In order to carry out the regurgitation of the ink of each color to an ink jet printer, two or more loading of the discharge head is carried out. If this is used, liquid membrane with two or more kinds of such liquids can also be formed easily as follows. First, the sample solution object A and the sample solution object B are held in two containers 30, respectively. Subsequently, a container 30 and the ink feed hopper 26 prepared in carriage 12 are connected to each by the tube 24, and each sample solution object is supplied to a discharge head (refer to drawing 1). Here, the sample solution object A is supplied to the discharge head for black ink, and supplies the sample solution object B to the discharge head for cyanogen ink. In this way, if the sample solution object A and the sample solution object B are supplied to each discharge head and each discharge head is driven, the regurgitation of a drop with the sample solution object A and the drop with the sample solution object B can be carried out to a desired location.

[0062] Drawing 11 (a) is the explanatory view having shown notionally signs that the liquid membrane formed using the sample solution object A and the sample solution object B was seen from the upper part of QCM100, and drawing 11 (b) is the explanatory view having shown the side cross section of this liquid membrane notionally. If a drop with two or more kinds of sample solution objects is made to adhere to a different location in this way and liquid membrane is formed so that clearly from drawing 11 (b), the interface of the liquid of these two or more classes will be formed in the measuring range of QCM. Therefore, when sample solution objects interact by the interface, it becomes possible to observe signs that liquid physical properties change.

[0063] Moreover, if a drop with two or more kinds of sample solution objects is arranged alternately, it will become possible to form an interface with these sample solution object by the high consistency, therefore to also detect change of few physical properties by the interaction in an interface by high sensibility. If the liquid physical-properties measuring device 10 of this example is used, since a drop with two or more sample solution objects can be made to adhere to the location of a wish, the sample solution object A and the sample solution object B can form easily the liquid membrane arranged alternately in this way.

[0064] In addition, although the drop of the sample solution object A and the drop of the sample solution object B shall be alternately arranged per drop in drawing 11 , it is good also as arranging alternately the field of the sample solution object A, and the field of the sample solution object B rather than arranging alternately per drop. Since it will not join together ranging over a field even if the drops of the sample solution object breathed out previously

even if join together with surface tension if it carries out like this, if the regurgitation of the drop of other sample solution objects is carried out later, the interface of two sample solution objects can be certainly formed in the boundary part of a field. Therefore, if it carries out like this, it is possible to form certainly the interface of a different sample solution object in the measuring range of QCM.

[0065] Moreover, in drawing 11 , although liquid membrane shall be formed for two kinds of sample solution objects, liquid membrane may be formed more combining the sample solution object of varieties. Furthermore, it may combine so that it is not necessary to necessarily combine the sample solution object of these offseeds alternately for example, and each sample solution object may be arranged in the shape of stripes, and it may combine or may be arranged at random, and of course, liquid membrane may be formed.

[0066] Liquid membrane may be formed combining two or more kinds of sample solution objects the shape of a layer. Drawing 12 shows notionally signs that breathed out the drop of the sample solution object A, formed the liquid membrane of desired thickness, and the liquid membrane of the sample solution object B was formed on it. Drawing 12 (a) is the explanatory view in which having seen signs that the drop with two kinds of sample solution objects was breathed out, from the upper part of QCM100, and having shown them notionally, and drawing 12 (b) is the explanatory view having shown the side cross section of the formed liquid membrane notionally. If it does in this way and liquid membrane is formed so that clearly from drawing 12 (b), a different sample solution object will produce an interaction in an interface, and it will become possible to observe signs that the effect permeates the interior of liquid membrane. If the thickness of the liquid membrane (liquid membrane according to the sample solution object A at drawing 12) formed in the electrode side of QCM is changed, the effect by the difference in the distance from an interface is also observable. Of course, if thickness of the liquid membrane by the side of an electrode is made thinner than the measuring range of QCM, it will also become possible to observe directly signs that different sample solution objects interact by the interface.

[0067] As mentioned above, although various kinds of examples have been explained, this invention is not restricted to the example of all above, and can be carried out in various modes in the range which does not deviate from the summary.

[0068] For example, although the ink jet printer which carries out the regurgitation of the drop using a piezo-electric element is used in the example mentioned above, the ink jet printer by other well-known approaches may be used.

[0069] Moreover, measurement of the oscillation frequency of QCM100 may be measured using various well-known measuring instruments, such as not only the approach mentioned above but a network analyzer, and a spectrum analyzer and counter-type frequency measuring equipment.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.*** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the explanatory view showing the outline of the hardware configuration of the liquid physical-properties measuring device of this example.

[Drawing 2] It is the explanatory view showing arrangement of the nozzle which carries out the regurgitation of the drop.

[Drawing 3] It is the explanatory view showing the principle which carries out the regurgitation of the drop from which magnitude differs from a nozzle.

[Drawing 4] It is the explanatory view showing the rough structure of QCM (Quartz-Crystal Microbalance) used as the sensor section in this example.

[Drawing 5] It is the explanatory view showing the principle which measures liquid physical properties using QCM.

[Drawing 6] It is the explanatory view showing notionally the structure of a system which measures liquid physical properties in this example.

[Drawing 7] It is the flow chart which shows the procedure which measures liquid physical properties in this example.

[Drawing 8] It is the explanatory view having shown notionally signs that breathed out a drop and liquid membrane was formed on the electrode of QCM.

[Drawing 9] It is the explanatory view showing notionally an example which measured signs that the coefficient of viscosity of a liquid changed with the passage of time.

[Drawing 10] It is the explanatory view showing notionally why the liquid physical properties measured with the passage of time change the .

[Drawing 11] It is the explanatory view showing notionally an example of the liquid membrane formed using two or more kinds of sample solution objects.

[Drawing 12] It is the explanatory view showing notionally other examples of the liquid membrane formed using two or more kinds of sample solution objects.

[Description of Notations]

- 10 -- Liquid physical-properties measuring device
- 12 -- Carriage
- 14 -- Roller
- 16 -- Platen plate
- 18 -- Guide rail
- 20 -- Driving belt
- 22 -- Carriage motor
- 24 -- Tube
- 26 -- Ink feed hopper
- 30 -- Container
- 32 -- Cap
- 34 -- Suction pump
- 50 -- Controller
- 52 -- Horizontal-scanning mechanical component
- 54 -- Head mechanical component
- 56 -- Pump mechanical component
- 60 -- Path
- 64 -- Reservoir
- 100 -- QCM
- 102 -- Electrode holder
- 104 -- Sheet metal
- 106 -- Electrode
- 150 -- Measuring instrument
- 152 -- Frequency-assignment section
- 154 -- Oscillating electrical-potential-difference generating section
- 156 -- Current detecting element
- 158 -- Armature-voltage control section
- 160 -- Records Department

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-149115

(P2003-149115A)

(43) 公開日 平成15年5月21日 (2003.5.21)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード (参考)

G 0 1 N 11/00
11/16

G 0 1 N 11/00
11/16

C
B

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2001-347216 (P2001-347216)

(22) 出願日 平成13年11月13日 (2001.11.13)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 酒井 真理

長野県諏訪市大和三丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(74) 代理人 110000028

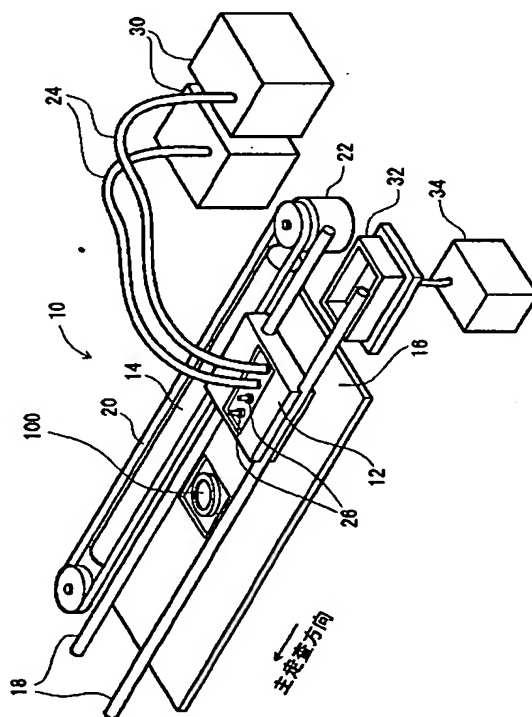
特許業務法人明成国際特許事務所

(54) 【発明の名称】 界面付近の液体物性の測定方法

(57) 【要約】

【課題】 界面近傍での液体物性を精度良く測定する。

【解決手段】 QCM (Quartz-Crystal Microbalance) の電極上に、物性を測定しようとする試料液体の液滴を吐出して、該試料液体による所定膜厚の液膜を形成する。次いで、該液膜が形成されたことによるQCMの共振周波数のシフト量を測定する。共振周波数と試料液体の粘性係数とには所定の関係式が成り立つので、測定したシフト量から試料液体の粘性係数を測定することができる。こうしてQCM上に液滴を吐出して液膜を形成すれば、所望の膜厚の液膜を迅速に形成することができるので、液膜界面近傍での液体物性を精度良く測定することが可能となる。



(2)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 液体の物性を測定する方法であって、

(A) 物性を測定しようとする試料液体の液滴を振動板上に吐出して、該試料液体による所定膜厚の液膜を形成する工程と、

(B) 前記液膜が形成されたことによる前記振動板の共振特性の変化を測定する工程と、

(C) 前記測定した共振特性の変化量に基づいて、前記試料液体の物性を測定する工程とを備える測定方法。

【請求項2】 請求項1記載の測定方法であって、前記工程(C)は、前記液膜が形成された状態での前記振動板の共振周波数と、該液膜が形成される前の該振動板の共振周波数との差値に基づいて、前記試料液体の粘性係数を測定する工程である測定方法。

【請求項3】 請求項1記載の測定方法であって、前記工程(A)は、前記液滴を吐出するノズルを複数備えたヘッドを、前記振動板に対して相対的に移動させる工程と、前記ヘッドの移動に会わせて前記複数のノズルから前記液滴を吐出することにより、前記振動板上に液膜を形成する工程とを備える測定方法。

【請求項4】 請求項1記載の測定方法であって、前記工程(B)は、前記液膜が形成された後に前記振動板の共振特性が時間と共に変化する過程を測定する工程であり、前記工程(C)は、前記測定された共振特性の時間的な変化に基づいて、前記試料液体の物性の変化を測定する工程である測定方法。

【請求項5】 請求項1記載の測定方法であって、前記工程(A)は、第1の前記試料液体の液滴を吐出して、前記振動板上に該第1の試料液体による所定膜厚の液膜を形成する工程と、第2の前記試料液体の液滴を吐出して、前記第1の試料液体による液膜の上に、該第2の試料液体による液膜を形成する工程とを備える測定方法。

【請求項6】 液体の物性を測定する方法であって、

(A) 第1の試料液体による液滴と第2の試料液体による液滴とを振動板上に吐出して、該第1の試料液体と該第2の試料液体との界面を該振動板上に形成する工程と、

(B) 前記第1の試料液体と前記第2の試料液体との界面が形成された後に、前記振動板の共振特性が時間と共に変化する過程を測定する工程と、

(C) 前記測定した共振特性の変化量に基づいて、前記界面での試料液体の物性の変化を測定する工程とを備える測定方法。

【請求項7】 請求項1または請求項6に記載の測定方法であって、前記工程(B)は、前記液膜と前記振動板との間に形成

2

される界面と平行な方向に該振動板が振動するときの共振特性を測定する工程である測定方法。

【請求項8】 請求項7記載の測定方法であって、前記工程(A)は、水晶振動板上に前記試料液体の液膜を形成する工程であり、前記工程(B)は、前記水晶振動板の表面側と裏面側とを、厚み方向と交差する方向にすべり振動させたときの、該水晶振動板の共振特性を測定する工程である測定方法。

10 【請求項9】 液体の物性を測定する測定装置であって、振動板と、

物性を測定しようとする試料液体の液滴を前記振動板上に吐出して、該試料液体による所定膜厚の液膜を形成する液膜形成手段と、

前記液膜が形成された前記振動板の共振特性を測定する共振特性測定手段と、

前記測定した共振特性と、前記液膜が形成されていない状態の前記振動板の共振特性との変化量に基づいて、前記試料液体の物性を測定する液体物性測定手段とを備える測定装置。

【請求項10】 請求項9記載の測定装置であって、前記振動板は、水晶振動板であり、前記共振特性測定手段は、前記水晶振動板を厚みすべり振動させたときの共振周波数を測定する手段である測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

30 【発明の属する技術分野】この発明は、液体の物性を測定する技術に関し、詳しくは液体表面付近での液体の物性を精度良く測定することが可能な技術に関する。

【0002】

【従来の技術】ノズルからインク滴を吐出して印刷媒体上に画像を形成する技術は広く使用されている。高画質化を図るためには、インク滴を狙った位置に精度良く吐出することが重要である。インク滴の大きさは細かいことが望ましく、且つ大きさにばらつきがあってはならず、更に、種々の大きさのインク滴を吐出可能であることが望ましい。

40 【0003】ノズルからインク滴が吐出する現象は、ノズルに形成されたインク界面付近でのインク物性の影響を受けている。このため、インク界面付近でのインク物性(例えば、粘性係数や弾性係数など)を精度良く測定することができれば、インク滴をより正確に吐出することが可能になると思われる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、インクに限らず、気液界面付近での液体物性を精度良く測定することは不可能であった。もちろん、液体の粘性係数、弾性係数を測定する装置は市販されているが、これらは液体内

(3)

3

部での物性を測定するものであり、気液界面での液体物性を測定することはできない。気液界面では、液体成分の蒸発や、界面活性成分などの特定成分の凝集などの影響によって、液体内部とは液体物性が異なっている可能性が指摘されていることから、気液界面付近での液体物性を精度良く測定可能な技術の開発が強く望まれている。

【0005】本発明は、従来技術における上述の課題を解決するためになされたものであり、気液界面付近での液体物性を精度良く測定可能な技術の提供を目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】上述の課題の少なくとも一部を解決するため、本発明の液体物性の第1の測定方法は、次の構成を採用した。すなわち、液体の物性を測定する方法であって、(A)物性を測定しようとする試料液体の液滴を振動板上に吐出して、該試料液体による所定膜厚の液膜を形成する工程と、(B)前記液膜が形成されたことによる前記振動板の共振特性の変化を測定する工程と、(C)前記測定した共振特性の変化量に基づいて、前記試料液体の物性を測定する工程とを備えることを要旨とする。

【0007】また、上記の測定方法に対応する本発明の液体物性の第1の測定装置は、液体の物性を測定する測定装置であって、振動板と、物性を測定しようとする試料液体の液滴を前記振動板上に吐出して、該試料液体による所定膜厚の液膜を形成する液膜形成手段と、前記液膜が形成された前記振動板の共振特性を測定する共振特性測定手段と、前記測定した共振特性と、前記液膜が形成されていない状態の前記振動板の共振特性との変化量に基づいて、前記試料液体の物性を測定する液体物性測定手段とを備えることを要旨とする。

【0008】かかる液体物性の第1の測定方法および第1の測定装置においては、試料液体の液滴を吐出することによって所定膜厚の液膜を振動板上に形成し、該液膜を形成したことによる該振動板の共振特性の変化を測定する。振動板の共振特性の変化量は、該振動板の表面付近における試料液体の物性の影響を受けている。従って、所定膜厚の液膜を形成したときの共振特性の変化を測定すれば、液膜の気液界面から所定距離だけ離れた界面近傍位置での液体物性（例えば、粘性係数や液体の動的な弾性係数など）を、精度良く測定することができる。

【0009】尚、こうした液体物性の第1の測定方法あるいは第1の測定装置においては、形成する液膜の厚さを変更することで、気液界面から所望の距離だけ隔たった位置での液体物性を測定可能なことは言うまでもない。

【0010】かかる液体物性の第1の測定方法においては、前記液膜が形成された状態での前記振動板の共振周

4

波数と、該液膜が形成される前の該振動板の共振周波数との差値に基づいて、前記試料液体の粘性係数を測定することとしても良い。

【0011】詳細には後述するが、振動板の共振周波数の変化量が求めれば、液体の粘性係数は簡単な計算式によって算出することができるので、界面近傍での液体の粘性係数を簡便に算出することが可能となって好ましい。

【0012】試料液体を吐出して液膜を形成するに際しては、該液滴を吐出するノズルを複数備えたヘッドを振動板に対して相対的に移動させ、該ヘッドの移動に合わせて該複数のノズルから前記液滴を吐出して液膜を形成することとしてもよい。

【0013】ヘッドを振動板に対して相対的に移動させながら、複数のノズルから液滴を吐出すれば、振動板上に均一な膜厚の液膜を迅速に形成することができる。こうして均一な厚さの液膜を迅速に形成することができれば、界面が形成された直後から、界面近傍での液体物性を測定することが可能となるので好ましい。

【0014】また、上述した液体物性の第1の測定方法においては、前記液膜が形成された後に前記振動板の共振特性が時間と共に変化する過程を測定して、かかる共振特性の時間的な変化から、前記試料液体の物性の変化を測定することとしてもよい。

【0015】液膜の気液界面では、通常、試料液体の成分の揮発あるいは蒸発が起きていると考えられ、また試料液体中に界面活性作用を有する物質などが含まれている場合には、このような物質が界面付近に凝集することが知られている。このような現象は、液膜を形成した直後には界面付近で生じているが、時間の経過と共に、次第に液膜内部に進行していくと考えられる。従って、液膜を形成した後、振動板の共振特性が時間と共に変化する過程を測定すれば、気液界面の影響が液体内部に浸透する様子を観察することが可能となる。特に、インク滴を吐出して画像を印刷するプリンタでは、ノズルに形成されるインク界面の挙動を正確に制御することができれば、画質を大きく向上させることができると考えられているので、ノズル界面におけるインクの挙動に関わるこのような基礎的な情報は、プリンタの開発、あるいは適切なインクの選定などに際して極めて有意義な情報となる。

【0016】また、上述した液体物性の第1の測定方法においては、第1の試料液体の液滴を吐出して、振動板上に第1の試料液体による所定膜厚の液膜を形成した後、第2の試料液体の液滴を吐出して、第2の試料液体による液膜を形成することとしてもよい。

【0017】こうすれば、第1の試料液体による液膜の膜厚に応じて、第1の試料液体と第2の試料液体とが互いの界面で相互作用を及ぼすことによる液体物性の変化、あるいは界面から所定距離だけ隔たった位置への該

(4)

5

相互作用による影響などを測定することが可能となる。特に、インクジェットプリンタでは、複数種類のインクによるインク滴を吐出して画像を印刷しており、吐出したインク滴の上から、種類の異なるインク滴を更に吐出しなければならない場合がある。更には、インクの発色や印刷媒体への定着性、耐候性を改善するために、特殊な薬液を吐出した上からインク滴を吐出する場合もある。このような場合、先に吐出したインクあるいは薬液などの液体と、後から吐出したインクとは互いの界面部分で相互作用が働いている。このような相互作用を観察することができれば、インクや薬液の開発・改良に際して極めて有意義な情報となるが、その一方で、こうした現象は局所的に生じ、しかも迅速に進む現象であるために、界面での相互作用を観察することは困難であった。上述した方法を用いれば、界面近傍での液体物性を測定することが可能であり、しかも振動板上に液膜を形成した後直ちに測定を開始することができる。従って、こうした異なる試料液体が界面で互いに相互作用することによる液体物性の変化を、簡便に測定することが可能となつて好適である。

【0018】前述した課題の少なくとも一部を解決するため、本発明の液体物性の第2の測定方法は、次の構成を採用した。すなわち、液体の物性を測定する方法であって、(A)第1の試料液体による液滴と第2の試料液体による液滴とを振動板上に吐出して、該第1の試料液体と該第2の試料液体との界面を該振動板上に形成する工程と、(B)前記第1の試料液体と前記第2の試料液体との界面が形成された後に、前記振動板の共振特性が時間と共に変化する過程を測定する工程と、(C)前記測定した共振特性の変化量に基づいて、前記界面での試料液体の物性の変化を測定する工程とを備えることを要旨とする。

【0019】こうした液体物性の第2の測定方法においては、第1の試料液体による液滴と第2の試料液体による液滴とを吐出して、振動板上に、これら試料液体の界面を形成する。次いで、該振動板の共振特性が時間と共に変化する過程を測定し、得られた変化量に基づいて、該界面におけるこれら試料液体の物性変化を測定する。

【0020】こうして、異なる試料液体の界面を振動板上に形成すれば、界面付近において、試料液体が相互作用を及ぼすことによって、液体物性が変化する様子を観察することができる。特に、インクジェットプリンタでは、複数種類のインクによるインク滴を吐出して画像を印刷するため、近接した位置に吐出されたインク同士は、界面付近で互いに何らかの相互作用を及ぼしており、このことが、いわゆるインク同士の相性に影響を及ぼしていると考えられる。こうした相互作用についての情報を測定することができれば、新しいインクの開発や、インクの選定に際して極めて有意義な情報となるが、こうした局所的な現象を観察することは困難であつ

6

た。上述した方法を用いれば、異なる試料液体が界面で互いに相互作用することによる液体物性の変化を、簡便に測定することができるので好ましい。

【0021】こうした第1または第2の測定方法においては、前記振動板の共振特性として次のような特性を測定することとしても良い。すなわち、該振動板上に液膜を形成したときに、該液膜と該振動板との間に形成された界面と平行な方向に、該振動板が振動するときの共振特性を測定することとしてもよい。

【0022】振動板の振動形態は、液膜と振動板との界面に交差する方向に振動する形態や、該界面に平行な方向に振動板の表面が振動する形態など、種々の振動形態が存在している。このうち、振動板の表面を界面と平行な方向に振動する形態で振動させれば、液体の粘性の影響を振動板に効果的に及ぼすことができ、その結果として、液体物性の検出感度を向上させることができるので好ましい。

【0023】こうした第1または第2の測定方法においては、前記振動板として水晶振動板を用い、該水晶振動板の表面側と裏面側とを、厚み方向と交差する方向にすべり振動させたときの、該水晶振動板の共振特性を測定することとしてもよい。

【0024】振動板としては、セラミックス製の電歪効果・圧電効果を有する振動板も好適に適用することができるが、水晶振動板は、たいへん安定に振動することが知られており、かかる振動板を用いることにより、液体物性を精度良く測定可能となるので好ましい。尚、こうした水晶振動板としては、水晶の成長軸に対して結晶を切り出す角度によって、共振特性の異なる種々の振動板を得ることができるが、いわゆるATカットと呼ばれる所定の角度で切り出された水晶振動板は、極めて安定に厚みすべり振動することが知られており、振動板として特に好適に用いることができる。

【0025】

【発明の実施の形態】本発明の作用・効果をより明確に説明するために、本発明の実施例を、次のような順序に従って説明する。

A. 装置構成：

A-1. ハードウェア構成：

A-2. センサ部(QCM)の概要：

A-3. 測定システム：

B. 液体物性の測定方法：

C. 変形例：

【0026】A. 装置構成：

A-1. ハードウェア構成：図1は、本実施例の液体物性測定装置のハードウェア構成を示した説明図である。図示されているように、本実施例の液体物性測定装置10は、大まかには、いわゆるインクジェットプリンタに、QCM(Quartz-Crystal Microbalance)100と呼ばれるセンサを組み込んだ構成となっている。QC

(5)

7

Mとは、化学蒸着あるいは物理蒸着などによって金属膜を蒸着させる際に、金属膜の膜厚を測定するために広く使用されている膜厚センサである。QCM100については後述する。

【0027】インクジェットプリンタは、印刷用紙上でキャリッジ12を往復動させながら微細なインク滴を吐出することによって、印刷用紙上にインクドットを形成して画像を印刷するプリンタである。以下、インクジェットプリンタが画像を印刷する様子について、図1を参照しながら簡単に説明する。キャリッジ12には、インク滴を吐出するための吐出ヘッドが内蔵されている。画像を印刷する場合には、通常、キャリッジ12の上面側にインクカートリッジを装着して、吐出ヘッドにインクを供給する。印刷用紙は紙送りローラ14によってキャリッジ12の下側の所定位置に搬送される。印刷用紙が所定位置にセットされると、キャリッジ12は印刷用紙上を往復動しながら吐出ヘッドからインク滴を吐出させる。キャリッジ12は、図示するように2本のガイドレール18に導かれ、駆動ベルト20を介してキャリッジモータ22によって駆動される。このように、キャリッジ12を往復動させる動作は主走査と呼ばれる。キャリッジ12の主走査に同期させて紙送りローラ14を駆動し、印刷用紙を主走査方向と直角方向に少しずつ移動させる。このように、主走査方向と交差する方向に、吐出ヘッドと印刷用紙とを相対的に移動させる動作は副走査と呼ばれる。こうして、キャリッジ12を主走査させながら印刷用紙を副走査させ、これにあわせてインク滴を適切なタイミングで吐出することで印刷用紙上にインクドットを形成し、これによってインクジェットプリンタは画像を印刷している。

【0028】本実施例の液体物性測定装置10では、インク滴の代わりに、物性を測定しようとする試料液体の液滴を吐出する。このことに対応して、インクカートリッジは取り外されており、インクの代わりに試料液体が吐出ヘッドに供給される。試料液体は容器30に収納されていて、チューブ24を介して、キャリッジ12に設けられたインク供給口26から吐出ヘッドに供給される。

【0029】また、図示するように、本実施例の液体物性測定装置10では、プラテン板16の一部が取り除かれて、QCM100が装着されている。QCM100は、キャリッジ12が主走査したときに、キャリッジ12に内蔵された吐出ヘッドがQCM100の上方を通過するような位置に装着されている。QCM100については後述する。また、インクジェットプリンタには、ノズルの目詰まりを防止するために、インク滴を吐出しない場合に吐出ヘッドを覆うキャップ32や、吐出ヘッドからインクを吸い出すための吸引ポンプ34も設けられているが、これらについても後述する。

【0030】図2は、キャリッジ12の下面側、すなわ

8

ちプラテン板16の側からキャリッジ12を見た様子を示した説明図である。キャリッジ12の下面には、吐出ヘッドのノズル列が複数組、設けられている。本実施例では、シアン色、マゼンタ色、イエロ色、黒色の4色のインクを吐出してカラー画像を印刷するカラーインクジェットプリンタを使用しており、このことに対応して、キャリッジ12の下面には、図示するように、シアンインク用のノズル列CAに加えて、マゼンタインク用のノズル列MA、イエロインク用のノズル列YA、黒色インク用ノズル列KAの合計4色分のノズル列が設けられている。吐出ヘッドに試料液体を供給すると、キャリッジ12の下面に設けられたノズル列からは、インク滴の代わりに試料液体の液滴が一斉に吐出されることになる。

【0031】本実施例のインクジェットプリンタでは、QCM100上に試料液体の液膜を迅速に且つ精度良く形成するために、吐出する液滴の大きさを制御することが可能となっている。以下、吐出する液滴の大きさを制御するメカニズムについて、図3を参照しながら説明する。図3(a)は、吐出ヘッドに設けられた液滴を吐出するノズルNzの構造を概念的に示した断面図である。図示するように、各ノズルには、吐出する液体を溜める液体溜まり62と、液体溜まり62とノズルNzとつなぐ通路60と、液体溜まり62に吐出する液体を供給するためのリザーバ64などが設けられている。また、液体溜まり62の上にはピエゾ素子PEが設けられている。容器30からチューブ24を介して吐出ヘッドに供給された試料液体は、リザーバ64を通過して液体溜まり62へと導かれる。ピエゾ素子PEは、周知のように電圧を印加すると、結晶構造が歪んで極めて高速に電気-機械エネルギーの変換を行う素子である。本実施例では、ピエゾ素子PEの両端に設けられた電極間に所定波形の電圧を印加することで、液体溜まり62の側壁を変形させる。すると、液体溜まり62の容積が減少し、容積の減少分に相当する試料液体が液滴IpとなってノズルNzから吐出される。この液滴IpがQCM100上に液膜を形成することになる。

【0032】図3(b)は、ピエゾ素子PEに印加する電圧波形を制御することで、吐出する液滴の大きさを変更する原理を示した説明図である。ノズルNzから液滴Ipを吐出するためには、ピエゾ素子PEに負の電圧を印加してリザーバ64から液体溜まり62内に一旦試料液体を吸入し、その後、ピエゾ素子PEに正電圧を印加して液体溜まりの容積を減少させて、液滴Ipを吐出させる。ここで、試料液体の吸引速度が適正であれば液体溜まりの容積の変化量に相当する試料液体が流入するが、吸引速度が速すぎると、リザーバ64と液体溜まり62との間には通路抵抗があるためにリザーバ64からの液体の流入が間に合わなくなる。その結果、通路60の試料液体が液体溜まりに逆流して、ノズル付近の液体の界面が大きく後退した状態となる。図3(b)に実線

(6)

9

で示した電圧波形aは、適正な速度で試料液体を吸引する波形を示し、破線で示した電圧波形bは適正速度より大きな速度で吸引する波形の一例を示している。

【0033】液体溜まり62内に充分な試料液体が供給された状態で、ピエゾ素子PEに正電圧を印加すると、液体溜まり62の容積減少に相当する体積の液滴IpがノズルNzから吐出される。これに対して、試料液体の供給量が不足して液体界面が大きく後退した状態で正電圧を印加すると、吐出される液滴は小さな液滴となる。このように、本実施例では、液滴の吐出前に印加する負の電圧波形を制御して試料液体の吸引速度を変更することによって、吐出するインク滴の大きさを制御することが可能となっている。

【0034】A-2. センサ部(QCM)の概要：図4は、QCM100の概要を示す説明図である。図4

(a)はQCM100の外観形状を示し、図4(b)はQCM100の基本的な構造を概念的に示している。また、図4(c)はQCM100の等価な電気回路を示している。QCM100は、ホルダー102内に、水晶の結晶を切り出して作成した薄板104が納められた構造となっている。水晶の薄板104は、結晶の成長軸に対して所定の角度で切り出されており、表面側および裏面側にはそれぞれ薄い電極106が設けられていて、水晶の薄板104に外部から電圧を印加することが可能となっている。

【0035】一般に水晶板は、外部から力を加えて変形させると電気偏極が生じて内部に起電力が発生し(圧電作用)、また、外部から電圧を加えて電荷を供給すると水晶板が変形する性質(電歪作用)があることが知られている。変形に伴って起電力を生じさせる水晶板のこのような性質は、電気的には図4(c)に示すように、抵抗R1と、コンデンサC1およびC2と、コイルL1とで構成される電気回路と等価であることが知られている。図4(c)に示した等価回路から明らかなように、水晶板は電気的な固有周波数を有しており、水晶の薄板104の両側に設けた電極106を電源に接続すると、回路は固有周波数で発振を開始し、水晶の薄板104も発振周波数と同じ周波数で振動する。発振する周波数は、主に、結晶の成長軸に対して薄板を切り出した角度と、薄板の厚さによって決まり、また、水晶板の振動形態は薄板を切り出した角度によって決定される。QCMでは、通常、ATカットと呼ばれる所定の角度で切り出された水晶板が用いられており、ATカットされた水晶板の振動形態は、厚みすべり振動、すなわち薄板の表面と裏面とが、水晶板の厚み方向と直角方向に、互いにずれるように振動する形態となる。

【0036】次に、QCM100を用いて液体の物性を測定する原理について説明する。図5は、液体中で水晶板を振動させたときの、水晶板表面の様子を拡大して概念的に示した説明図である。ここでは、水晶板はATカ

10

ットされており、いわゆる厚みすべり振動しているものとしている。液体中で水晶板が厚みすべり振動すると、水晶板の表面に接している部分の液体は、粘性の作用によって引きずられるようにして水晶板の表面と共に振動する。図中に示した白抜きの矢印は、水晶の薄板104が振動している様子を模式的に表したものであり、太い実線で示した矢印は、液体が表面と並行な方向に振動している様子を概念的に示したものである。図示するように、水晶の薄板104に接した部分では液体は水晶板と同じ振幅で振動するが、表面から離れると振幅は急激に小さくなり、表面から所定距離離れたところでは、もはや液体は振動していない。例えば図4に示した例では、表面付近のa点では水晶表面とほぼ同じ振幅で振動するが、少し離れたb点では振幅は急に小さくなり、表面から所定距離だけ離れたc点ではほとんど振動していない。

【0037】このように、液体中で水晶板を振動させると、水晶板とともに、表面から所定範囲の液体も同時に振動することになる。こうして水晶板が、表面から所定範囲にある液体を引きずりながら振動する結果、水晶板の固有振動数(すなわち回路の発振周波数)は、空気中で振動するときの固有振動数あるいは発振周波数とは異なった値となる。この固有振動数(発振周波数)のシフト量は、液体の粘性の作用によるものであり、液体の粘性が高くなるほどより多くの液体を引きずることになって固有振動数のシフト量も大きくなる。すなわち、液体中での水晶板の固有振動数(発振周波数)を測定し、水晶板自身の固有振動数からのシフト量を求めてやれば液体の粘性を測定することが可能となる。

【0038】詳細な実験によれば、水晶板を液体中で発振させたときの、発振周波数のシフト量 δF と液体の粘性 η との間には次式のような関係が成り立つことが分かっている。

$$\delta F = k \cdot \sqrt{F \cdot \rho \cdot \eta} \quad \dots (1)$$

ここで、kは比例定数であり、Fは水晶板自身の固有振動数、 ρ は液体の密度である。Fの値も ρ の値も、いずれも前もって測定しておくことができる。従って、液体中での水晶板の発振周波数を測定して周波数のシフト量を求めれば、(1)式から、液体の粘性係数を算出することが可能となるのである。

【0039】A-3. 測定システム：図6は、本実施例の液体物性測定装置10を用いて構成した測定システムの概要を示すブロック図である。液体物性を測定するシステムは、QCM100と、液滴を吐出する吐出ヘッドを内蔵したキャリッジ12と、キャリッジ12を主走査させるキャリッジモータ22と、吐出ヘッドあるいはキャリッジモータ22などを制御するコントローラ50と、QCM100の発振周波数を測定する測定器150などから構成されている。容器30に収納された試料液体は、チューブ24を介してキャリッジ12内の吐出へ

(7)

11

ッドに供給される。

【0040】コントローラ50は、CPUや、RAM、ROMなどをバスで相互に接続して構成された周知のコンピュータである。また、コントローラ50には、主走査駆動部52や、ヘッド駆動部54、ポンプ駆動部56などの専用の駆動回路も搭載されている。コントローラ50のROMには、キャリッジ12を主走査しつつ吐出ヘッドを駆動してQCM100上に液滴を形成するためのプログラムが格納されている。コントローラ50のCPUが、ROMに格納されている専用のプログラムを読み出して実行すると、主走査駆動部52およびヘッド駆動部54が、キャリッジモータ22および吐出ヘッドをそれぞれ適切に駆動し、試料液体の液滴が吐出されて、QCM100上の所定位置に液滴が形成される。前述したように、QCM100には水晶の薄板104が収納されており、薄板104上に液膜が形成されると、水晶板の発振周波数がシフトする。このシフト量を測定器150によって検出する。尚、ポンプ駆動部56については後述する。

【0041】測定器150は、QCM100の発振周波数を精度良く測定可能であれば、どのような測定器であってもよいが、ここでは図6に示されているように、周波数指定部152と、振動電圧発生部154と、電流検出部156と、電圧制御部158と、記録部160とを備えた測定器を使用している。測定器150は、次のようにしてQCM100の発振周波数を測定する。

【0042】まず、周波数指定部152で測定しようとする周波数を指定して、振動電圧発生部154で指定した周波数の振動電圧を発生させる。発生した振動電圧は、QCM100の2つの電極に印加され、QCM100と測定器150とでひとつの交流回路を形成している。従って、回路には振動電圧発生部154で発生させた電圧に応じて交流電流が流れることになる。回路を流れる交流電流は、電流検出部156によって検出され、電圧制御部158は交流電流の実効値が常に所定値になるように、振動電圧発生部154の電圧振幅値を制御する。こうして、回路には常に所定の実効値の交流電流が流れているように制御されている。このように交流電流の実効値が所定値になるように制御されている状態で、周波数指定部152は、QCM100の電極に印加する振動電圧の周波数を低周波数から高周波数へと少しずつ変更していく。指定周波数がQCM100の共振周波数に近づくと回路のインピーダンスが急に減少するので、電圧制御部158は印加する振動電圧の振幅が小さくなるように振動電圧発生部154を制御する。記録部160では、周波数指定部152および電圧制御部158から、指定周波数とその周波数での電圧制御量とを受け取って記録する。こうして、振動電圧がもっとも小さくなっている周波数を求めれば、QCM100の発振周波数を求めることができる。

12

【0043】尚、上述した方式によるのではなく、次のようにフーリエ変換を利用してQCM100の発振周波数を測定しても構わない。図6を流用して簡単に説明すると、まず、測定用の合成電圧波形を振動電圧発生部で発生させて、QCM100の電極に印加する。合成電圧波形には、測定しようとする範囲の周波数成分の振動電圧波形が含まれている。次いで、回路を流れる振動電流を電流検出部156で検出する。QCM100の電極に印加した振動電圧波形と測定した振動電流波形とをフーリエ変換して、それぞれの周波数成分の比率を算出し、電圧値に対して電流値のもっとも大きな周波数を求めれば、QCM100の発振周波数を知ることができる。

【0044】こうしたフーリエ変換を利用した方法では、振動電圧の周波数を少しずつ変更しながら測定する必要がないので、迅速に短時間で測定することができるという利点がある。これに対して、前述したように振動電圧の周波数をゆっくり変更しながら電流値を測定する方法によれば、精度良く測定することができる。従って、共振の強さや共振の鋭さ（いわゆる水晶振動子のQ値）などを精度良く測定するためには、周波数を変更しながら測定する方が好ましい結果が得られることが多い。

【0045】また、振動電圧の周波数を変更しながら測定する場合でも、上述した方法のように、交流電流の実効値が一定となるように制御しながら電極に印加する電圧値を検出する方法の他に、一定電圧の振動電圧を印加しながら回路を流れる交流電流の振幅を測定する方法によっても測定することもできる。かかる方法を用いた場合、測定器の構造を簡素なものとすることができる。これに対して交流電流の実効値が一定の条件で測定する場合は、回路に過大な電流が流れてQCMが破損するおそれがないという利点がある。

【0046】B. 液体物性の測定方法：図7は、本実施例の液体物性測定装置10を用いて、試料液体の物性を測定する手順を示すフローチャートである。以下では、かかるフローチャートに従って、液体物性の測定手順について説明する。

【0047】測定を開始すると、まず初めに、キャリッジ12内の吐出ヘッドに試料液体を充填する（ステップS10）。図1に示したように、試料液体は容器30に収納されており、キャリッジ12のインク供給口26と容器30とはチューブ24を介して予め接続されている。本実施例では、インクジェットプリンタに搭載されている吸引ポンプ34を利用して試料液体を吐出ヘッドに充填する。すなわち、図1を用いて説明したように、本実施例で用いたプリンタには、ノズルの目詰まりを防止するためにノズルからインクを吸引するための機構が設けられており、この機構を利用して、容器30から吐出ヘッド内に試料液体を充填する。具体的には、プリンタが印字を行わないときにキャリッジ12が待避してい

(8)

13

る位置（ホームポジション）の下方に、キャップ32が設けられており（図1参照）、キャリッジ12をホームポジションに待避させて、キャップ32を上昇させ、キャリッジ12の下面にキャップ32を押しつける。こうすると、吐出ヘッドのノズルがキャップ32によって密閉される。次いで、吸引ポンプ34を作動させて、キャップ32内を負圧にしてやると、容器30から試料液体が吐出ヘッド内に吸引される。吐出ヘッド内にあった空気は、試料液体が吸引される際にすべて追い出され、試料液体充填後には吐出ヘッド内に気泡が残ることはない。図6に示したポンプ駆動部56は、コントローラ50に内蔵のROMに格納されたプログラムに従って、CPUの制御の下でキャップ32や吸引ポンプ34の動作を制御している。

【0048】容器30は、収納した試料液体の液面が吐出ヘッドのノズル位置とほぼ同じ高さになるような位置に設けられている。こうしておけば、一旦、吐出ヘッド内に試料液体を充填してしまうと、液体の表面張力の作用によって液体がヘッド内に保持されるので、充填した液体がノズルから流れ出したり、逆に容器30に逆流することがない。また、より好ましくは、試料液体の液面が吐出ヘッドのノズル位置よりも僅かに（例えば20mm程度）低い位置となるように、容器30を設けることが望ましい。こうしておけば、たとえ、充填した試料液体を表面張力によって保持できなかった場合でも、試料液体がノズルから流れ出すことなく容器30に戻るだけなので望ましい。

【0049】こうして吐出ヘッド内に試料液体を充填したら、キャリッジ12を主走査させながらノズルから試料液体の液滴を吐出することにより、QCM100の上に、所定厚の液膜を形成する（ステップS20）。これを、図8を参照しながら説明する。図8は、QCM100の電極106上に試料液体の液滴を吐出して液膜を形成している様子を概念的に示した説明図である。図中にハッチングを付して示した小さな丸は、電極106上に付着した液滴を示している。インクジェットプリンタは画像を構成している個々の画素に正確にインク滴を吐出することが可能であり、この機能を利用して、本実施例ではQCM100の電極106上に設定した所定の測定領域に均一に液滴を付着させる。こうして電極106上に付着した液滴は、表面張力によって互いに結合し、その結果、電極106上には、試料液体による均一な膜厚の液膜が形成されることになる。

【0050】液滴を吐出する測定領域の面積が決まっていれば液膜の膜厚は吐出した試料液体の体積によって決まる。このことから、液膜の厚さは、ノズルから吐出した試料液体の体積によって正確に管理することができる。例えば、一定の大きさの液滴を吐出する場合には、測定領域上を何度もキャリッジ12を主走査させて液滴を吐出すれば、厚い液膜を形成することができる。ま

14

た、本実施例のように吐出する液滴の大きさを制御可能な場合には、液滴の大きさを変更することによって所望の厚さの液膜を形成することができる。もちろん、液滴を吐出する密度を変更しても良く、更には、これらを適宜組み合わせることもできる。尚、本実施例では、液膜の厚さは、吐出した液体の体積によって管理することとしたが、これに限らず、光学的な手法や電磁的な手法を利用して液膜を測定するセンサを用いて、別途、液膜を測定しながら液膜の厚さを管理することとしても構わない。

【0051】図8（a）は、小さな液滴を吐出して薄い液膜を形成した様子を概念的に示しており、図8（b）は大きな液滴を吐出して厚い液膜を形成した様子を概念的に示している。こうして、液滴の大きさを制御することによって液膜の厚さを制御することとすれば、測定領域上を何度もキャリッジ12を主走査させて液滴を吐出する必要がないので、正確な厚さの液膜を迅速に形成することが可能となる。

【0052】また、大きさの異なる液滴を混在させて吐出しても良い。例えば、大きさの異なる2種類の液滴しか吐出できない場合でも、大きな液滴と小さな液滴とを適切な割合で吐出することにより、形成する液膜の厚さを自由に変更することができる。

【0053】液滴を吐出させるための制御信号は、コントローラ50に格納されたプログラムに従ってCPUが所定の処理を行い、ヘッド駆動部54および主走査駆動部52に対して出力される。あるいは、コントローラ50に対して外部から画像データに相当する適切なデータを供給してもよい。インクジェットプリンタでは、画像データに所定の画像処理を施して、適切な大きさのインク滴を適切な位置に吐出するための制御信号に変換していることから、インクジェットプリンタのコントローラ50に、適切な画像データを擬似的に供給することで、QCM100の測定領域に適切な大きさのインク滴を適切な割合で吐出することができる。

【0054】こうしてQCM100の電極106上に所望の厚さの液膜を形成したら（図7のステップS20）、続いて、QCM100の発振周波数の測定を開始する（ステップS30）。QCM100の発振周波数は、図6を用いて前述したように、印加する振動電圧の周波数をスイープさせながら、回路を流れる交流電流、あるいは交流電流の実効値を一定にするための電圧値を測定することによって行う。こうして、何度も周波数をスイープさせながら、QCM100の発振周波数の時系列データを取得する。尚、所定の周波数成分を含んだ合成振動電圧を印加し、これにより回路に生じた振動電流波形のデータをフーリエ変換することによって、QCM100の発振周波数の時系列データを取得しても構わないのはもちろんである。

【0055】以上のようにして、QCM100の発振周

(9)

15

波数の時系列データが得られたら、前述した(1)式に従って、試料液体の粘性係数の時系列データを算出する。(1)式中の F (QCMの固有周波数)、 ρ (液体の密度)は予め測定しておく。図10は、こうして得られた粘性係数の時系列データの一例を概念的に示した説明図である。QCM100の電極106上に液膜を形成した直後には、図10に概念的に示すように、粘性係数はほぼ一定の値を示すが、やがて粘性係数が徐々に増加していく傾向を示す。このデータの意味するところについて、図10を参照しながら説明する。

【0056】図10は、QCMの電極106上に液膜が形成されている様子を概念的に示している。QCM100に電圧を印加すると水晶の薄板104とともに電極106が振動し、電極の表面から所定範囲にある液体も、引きずられるようにして電極と共に振動する。こうして粘性的作用によって電極と共に振動する範囲は、表面から $1\mu\text{m}$ 以下の範囲であり、通常の液体では $0.5\mu\text{m}$ 程度である。従って、上述した方法によって測定される粘性係数は、電極106の表面から $0.5\mu\text{m}$ までの範囲(測定範囲)にある液体の粘性係数を測定していることになる。これに対して、液滴を吐出して電極106上に形成する液膜の厚さは、通常は、約 $1\mu\text{m}$ から約 $100\mu\text{m}$ の範囲である。このことから、QCMの電極106上に液膜を形成した直後には、通常は、液膜が気体と接している界面(気液界面)での液体物性ではなく、液体内部での物性を測定していることになる。

【0057】ところが、液膜が形成されるとその直後から、気液の界面には、界面活性作用を有する特定の分子(例えば、グリセリンなどの直鎖の炭化水素系化合物など)が凝集し始めたり、あるいは液体内の揮発成分が揮発したり水分の蒸発が起こり、液体内部とは異なった物性を有するようになる。こうした気液界面での現象は、液膜が形成されてから時間が経過するに従って、次第に液体内部に影響を与えるようになる。こうした気液界面の影響がQCM100の測定範囲に達すると、QCM100で測定した粘性係数に影響が表れて、粘性係数が時間と共に変化する測定データが得られることになる。図9に示した測定例からは、界面からの影響が測定範囲に及ぶに従って、液体の粘性係数が増加している様子を観察することができる。

【0058】図10では、時間が経過するに伴って界面の影響が液膜内部に及ぶ様子を、破線および一点鎖線を用いて模式的に表している。すなわち、液膜を形成した後、所定時間経過すると破線で示した領域まで界面の影響が及び、更に時間が経過すると一点差線で示した領域まで界面の影響が達する。界面の影響が破線の領域まで達すると、QCM100の測定値にも影響が表れ始めることから、図9中の矢印Aは、このような状態で測定したデータと考えることができる。同様に、図9中の矢印Bは、図10に一点鎖線で示した領域まで界面の影響が

16

及んだ状態で測定したデータと考えることができる。このように、図9に示したデータは、気体との界面の影響によって、界面近傍に形成された液膜の深さ方向の構造を反映しており、かかるデータを解析することによって、気液界面での液体の物性を知ることができ、更には、気液界面で深さ方向に変化する液膜の物性的な構造についての情報を得ることが可能となる。

【0059】また、前述したように、本実施例の液体物性測定装置10では、試料液体の吐出量を制御することによって、液膜の厚さを自由に制御することができる。従って、液膜厚さを変えながら、粘性係数が時間と共に変化する様子を測定すれば、液膜形成後から任意時間が経過したときの、界面内部での液体物性についての情報を得ることも可能である。

【0060】C. 変形例：上述した実施例では、1種類の試料液体による液滴を吐出して、1種類の試料液体で液膜を形成した。インクジェットプリンタは、通常、カラー画像を印刷するために複数種類のインクを吐出可能となっており、上述した液体物性測定装置10においても、同時に複数種類の液滴を吐出することとしても良い。以下では、このような液体物性測定装置10の変形例について説明する。

【0061】図11は、液体Aと液体Bの2種類の試料液体を用いて、2種類の試料液体が千鳥状に組み合わせられた液膜を形成した様子を概念的に示している。インクジェットプリンタには、各色のインクを吐出するために吐出ヘッドが複数搭載されている。これを利用すれば、このような複数種類の液体による液膜も次のようにして容易に形成することができる。まず、2つの容器30に試料液体Aと試料液体Bとをそれぞれ収容しておく。次いで、チューブ24で容器30と、キャリッジ12に設けられたインク供給口26とをそれぞれに接続して、各試料液体を吐出ヘッドに供給する(図1参照)。ここでは、試料液体Aは黒色インク用の吐出ヘッドに供給し、試料液体Bはシアンインク用の吐出ヘッドに供給している。こうして、試料液体Aと試料液体Bとを各吐出ヘッドに供給して、それぞれの吐出ヘッドを駆動してやれば、試料液体Aによる液滴と試料液体Bによる液滴とを所望の位置に吐出することができる。

【0062】図11(a)は、試料液体Aおよび試料液体Bを用いて形成した液膜を、QCM100の上方から見た様子を概念的に示した説明図であり、図11(b)は、この液膜の側方断面を概念的に示した説明図である。図11(b)から明らかなように、このように複数種類の試料液体による液滴を異なる位置に付着させて液膜を形成すると、QCMの測定範囲内に、これら複数種類の液体の界面が形成される。従って、試料液体同士が界面で相互作用することによって液体物性が変化していく様子を観察することが可能となる。

【0063】また、複数種類の試料液体による液滴を千

(10)

17

鳥状に配置すれば、これら試料液体による界面が高い密度で形成されることになり、従って、界面での相互作用による僅かな物性の変化も高い感度で検出することが可能となる。本実施例の液体物性測定装置10を用いれば、複数の試料液体による液滴を望みの位置に付着させることができるので、こうして試料液体Aと試料液体Bとが千鳥状に配置された液膜を容易に形成することができる。

【0064】尚、図11では、試料液体Aの液滴と試料液体Bの液滴とが、液滴単位で千鳥状に配置されているものとしているが、液滴単位で千鳥状に配置するのではなく、試料液体Aの領域と試料液体Bの領域とを千鳥状に配置することとしても良い。こうすれば、たとえ先に吐出した試料液体の液滴同士が表面張力で結合したとしても領域をまたいで結合することはないので、後から他の試料液体の液滴を吐出すれば、領域の境界部分に2つの試料液体の界面を確実に形成することができる。従って、こうすれば、QCMの測定範囲内に異なる試料液体の界面を確実に形成することが可能である。

【0065】また、図11では、2種類の試料液体を液膜を形成するものとしたが、より多種類の試料液体を組み合わせて液膜を形成しても構わない。更に、これら複数種類の試料液体は必ずしも千鳥状に組み合わせる必要はなく、例えば各試料液体が縞状に配置されるように組み合わせたり、ランダムに配置されるように組み合わせさせて液膜を形成してもよいのはもちろんである。

【0066】複数種類の試料液体を層状に組み合わせさせて液膜を形成しても良い。図12は、試料液体Aの液滴を吐出して所望の膜厚の液膜を形成し、その上に、試料液体Bの液膜を形成した様子を概念的に示している。図12(a)は、2種類の試料液体による液滴が吐出された様子を、QCM100の上方から見て概念的に示した説明図であり、図12(b)は、形成された液膜の側方断面を概念的に示した説明図である。図12(b)から明らかのように、このようにして液膜を形成すると、異なる試料液体が界面で相互作用を生じさせ、その影響が液膜内部に浸透していく様子を観察することが可能となる。QCMの電極側に形成する液膜(図12では、試料液体Aによる液膜)の膜厚を変えれば、界面からの距離の違いによる影響も観察することができる。もちろん、電極側の液膜の膜厚をQCMの測定範囲より薄くしてやれば、異なる試料液体同士が界面で相互作用する様子を直接に観察することも可能となる。

【0067】以上、各種の実施例について説明してきたが、本発明は上記すべての実施例に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様で実施することができる。

【0068】例えば、上述した実施例では、ピエゾ素子を利用して液滴を吐出するインクジェットプリンタを用いているが、周知の他の方法によるインクジェットプリ

18

ンタを用いても構わない。

【0069】また、QCM100の発振周波数の測定は上述した方法に限らず、ネットワークアナライザや、スペクトルアナライザ、カウンタ式の周波数測定器など、周知の各種測定器を用いて測定しても構わない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施例の液体物性測定装置のハードウェア構成の概要を示す説明図である。

【図2】液滴を吐出するノズルの配置を示す説明図である。

【図3】ノズルから大きさの異なる液滴を吐出する原理を示す説明図である。

【図4】本実施例においてセンサ部として用いたQCM(Quartz-Crystal Microbalance)の大まかな構造を示す説明図である。

【図5】QCMを用いて液体物性を測定する原理を示す説明図である。

【図6】本実施例において液体物性を測定するシステムの構成を概念的に示す説明図である。

【図7】本実施例において液体物性を測定する手順を示すフローチャートである。

【図8】QCMの電極上に液滴を吐出して液膜を形成している様子を概念的に示した説明図である。

【図9】時間の経過と共に液体の粘性係数が変化していく様子を測定した一例を概念的に示す説明図である。

【図10】時間の経過と共に測定された液体物性が変化していく理由を概念的に示す説明図である。

【図11】複数種類の試料液体を用いて形成した液膜の一例を概念的に示す説明図である。

【図12】複数種類の試料液体を用いて形成した液膜の他の一例を概念的に示す説明図である。

【符号の説明】

10…液体物性測定装置

12…キャリッジ

14…ローラ

16…プラテン板

18…ガイドレール

20…駆動ベルト

22…キャリッジモータ

24…チューブ

26…インク供給口

30…容器

32…キャップ

34…吸引ポンプ

50…コントローラ

52…主走査駆動部

54…ヘッド駆動部

56…ポンプ駆動部

60…通路

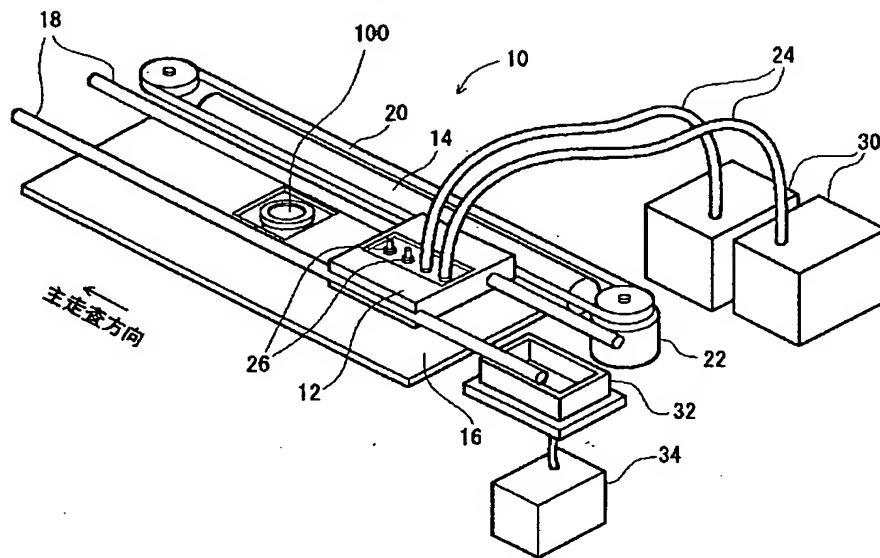
64…リザーバ

(11)

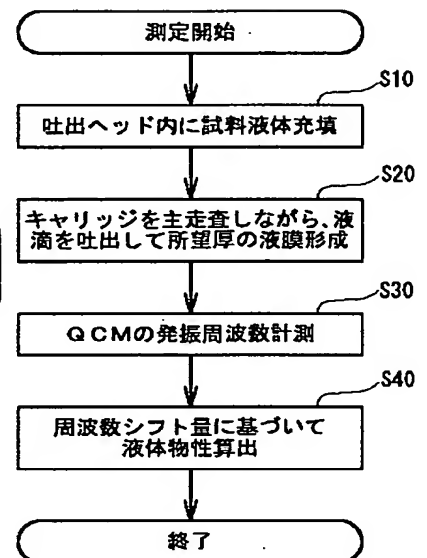
100...QCM
102...ホルダー
104...薄板
106...電極
150...測定器

152...周波数指定部
154...振動電圧発生部
156...電流検出部
158...電圧制御部
160...記録部

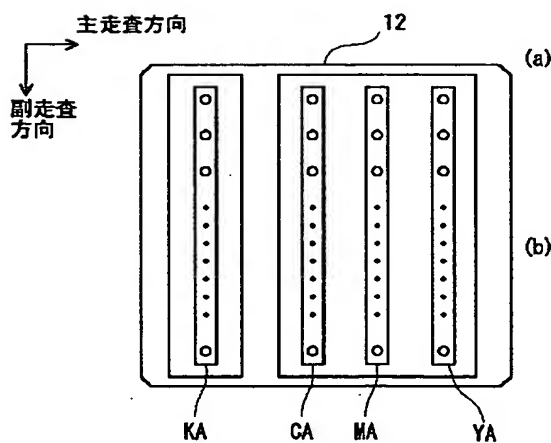
【図1】



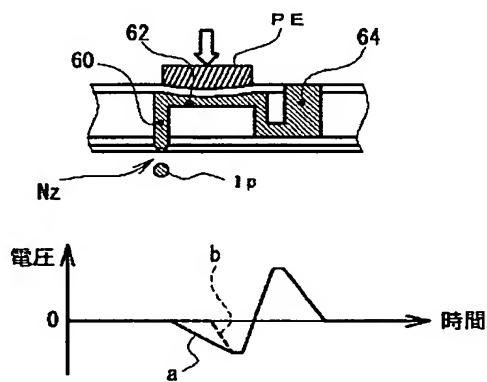
【図7】



【図2】

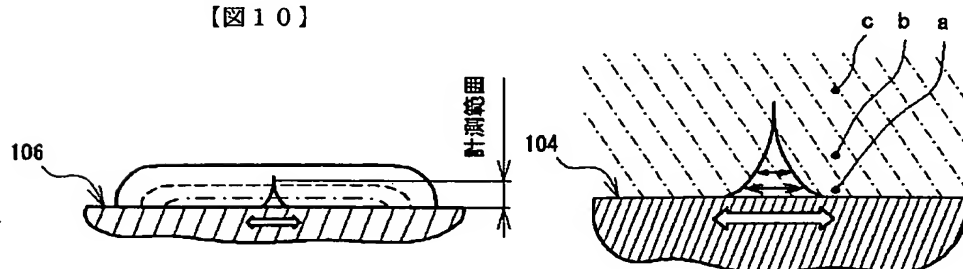


【図3】



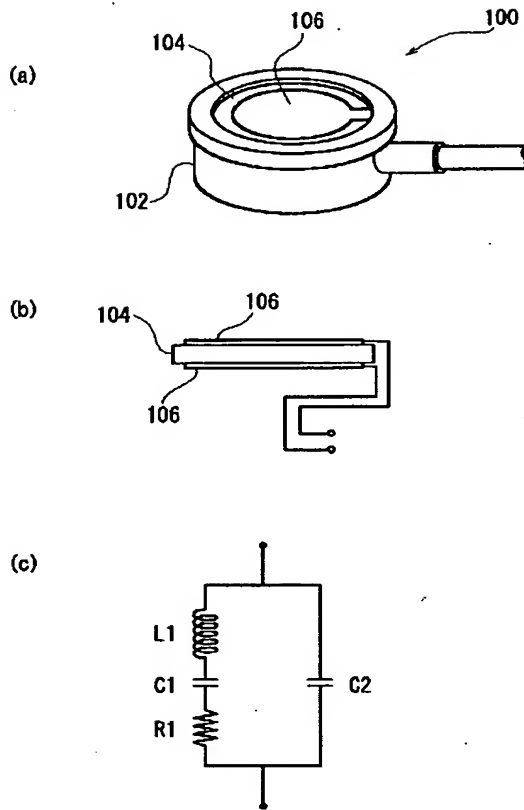
【図5】

【図10】

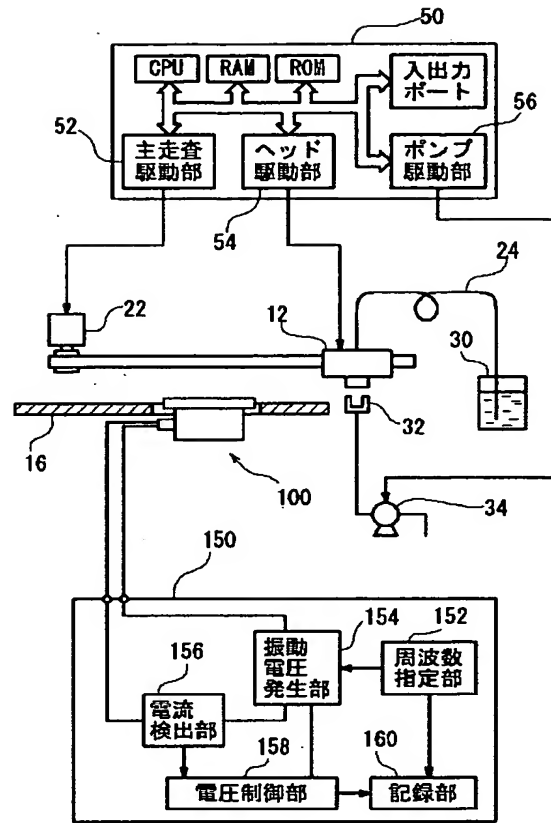


(12)

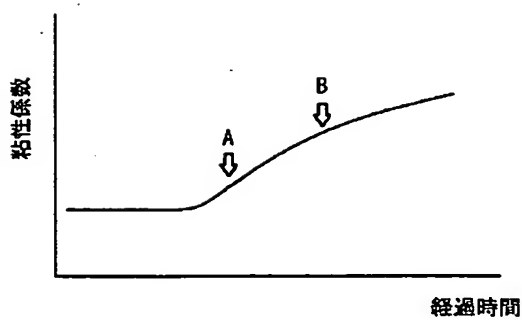
【図4】



【図6】

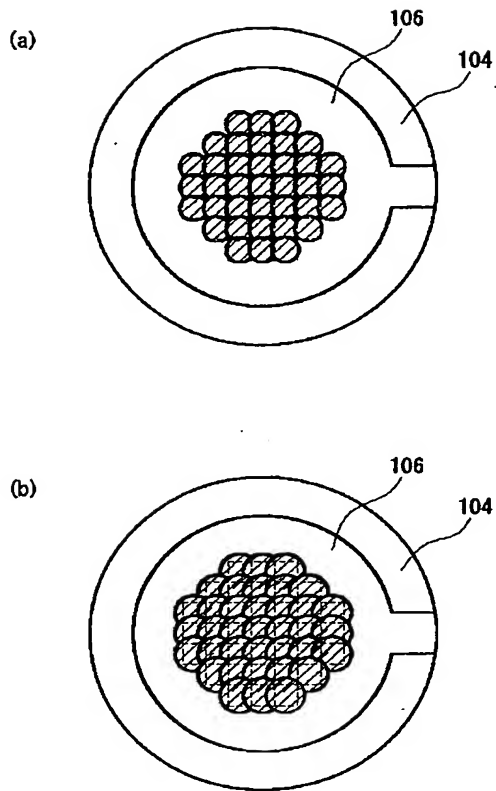


【図9】

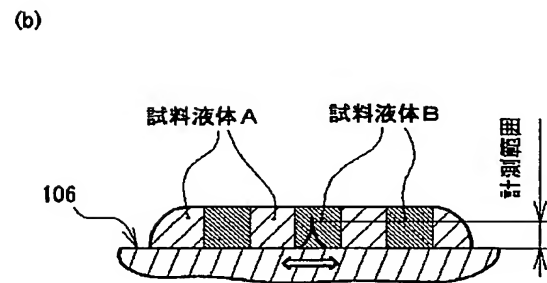
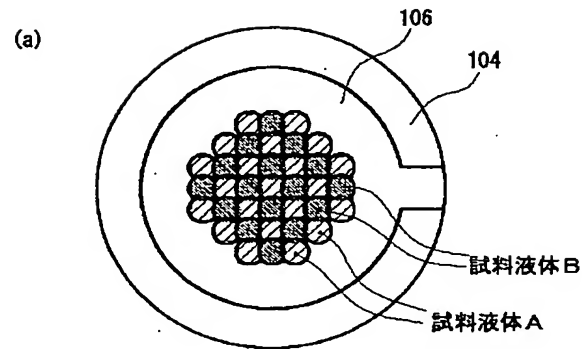


(13)

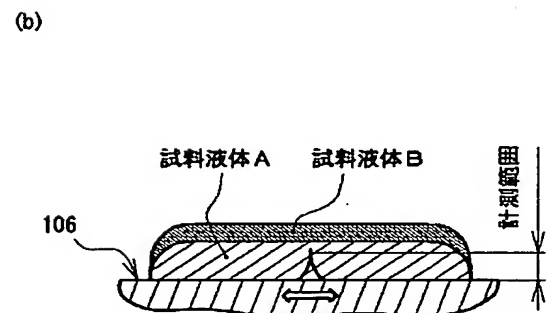
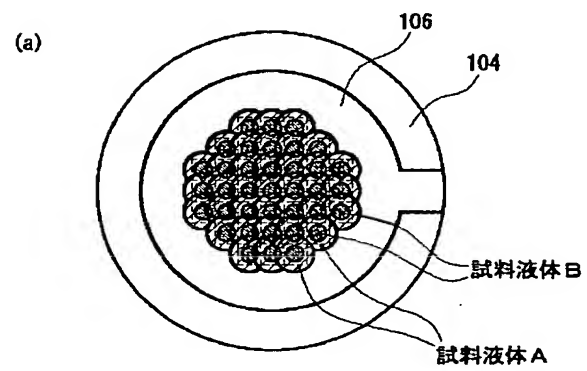
【図8】



【図11】



【図12】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.